

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la
aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la
avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca**

Por:

Hector Yonatan Huallpa Centeno
Jhon Williams Estrada Morocco

Asesor:

Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara

Juliaca, abril de 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca" constituye la memoria que presentan el bachiller Hector Yonatan Huallpa Centeno y Jhon Williams Estrada Morocco para aspirar al título Profesional de Ingeniero civil ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los cinco días del mes de abril del año dos mil diecinueve.



Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la
aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la avenida
Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR

 _____ Ing. Herson Duberly Pari Cusi Presidente	 _____ Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona Secretaria
 _____ Ing. Juana Beatriz Aquise Pari Vocal	 _____ Ing. Moisés Araca Chile Vocal
 _____ Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara Asesor	

Juliaca, 4 de abril de 2019

DEDICATORIA

Con amor a Dios, y a las personas que me dieron todo su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, sus motivaciones y sus ejemplos de perseverancia que me han permitido ser una persona de bien.

A mis padres, Esteban y Aurora quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mí apoyo y mi mayor ejemplo en todo momento. Los amo.!

A mis hermanos, Carlos Huallpa Centeno, Fernando Huallpa Centeno y Ángel Huallpa Centeno quienes ven en mí un ejemplo de perseverancia, siendo ellos testigos que en las manos de Dios todo es posible.

Atte. Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno

A Dios, por haberme dado la vida, guiarme por el buen camino y por no desampararme.

Con todo mi cariño a mi querida madre Sebastiana Morocco Turpo, y hermanos Jose Luis Estrada Morocco, Brayan Arapa Morocco que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Atte. Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, y porque siempre está a mi lado guiándome por el buen camino, dándome nuevas oportunidades para seguir adelante y poder culminar esta carrera satisfactoriamente.

Al Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara, quien estuvo pendiente durante la elaboración del informe de tesis y al Ing. Andrés Sotil Chávez quien nos ayudó a encaminar esta investigación. A mis jurados que con sus recomendaciones y observaciones se hicieron posible culminar con esta investigación.

A mis amigos quienes estuvieron en esos momentos difíciles que conlleva realizar la Tesis, por animarme a seguir, brindándome su apoyo de manera incondicional.

Atte. Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno

A la Universidad Peruana Unión, por albergarnos durante estos años de estudio y permitir aprender y formarnos cada día para ser mejores profesionales de excelente calidad y ética.

Al Ing. Manuel Arturo Loaiza Jara, por su cordial apoyo durante los meses que está a cargo de asesoramiento; al mismo tiempo, a todas las personas que me enseñaron y estuvieron ahí todos esos días.

A mis amigos que estuvieron ahí con su apoyo incondicional para que lograra terminar con la tesis exitosamente.

Atte. Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
SÍMBOLOS USADOS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	20
1.1 Descripción del problema de investigación.....	20
1.2 Formulación del problema de investigación	22
1.2.1 Problema general.....	22
1.2.2 Problemas específicos	22
1.3 Objetivo de la investigación	23
1.3.1 Objetivo general.....	23
1.3.2 Objetivos específicos	23
1.4 Justificación y viabilidad de la investigación.....	23
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA	26
2.1 Antecedentes de la investigación.....	26
2.1.1 Antecedentes internacionales	26
2.1.1.1 Antecedente 1	26
2.1.1.2 Antecedente 2	26
2.1.1.3 Antecedente 3	27
2.1.1.4 Antecedente 4	27
2.1.1.5 Antecedente 5	28
2.1.2 Antecedentes nacionales	29
2.1.2.1 Antecedente 1	29
2.1.2.2 Antecedente 2	29
2.1.2.3 Antecedente 3	30
2.1.3 Reglamentación y normativa nacional e internacional	30
2.2 Marco teórico	31
2.2.1 Pavimento Flexible	33
2.2.1.1 Componentes estructurales de un pavimento	33
2.2.1.1.1 Sub rasante	33
2.2.1.1.2 Sub base.....	34
2.2.1.1.3 Base	35

2.2.1.1.4 Superficie de rodadura o carpeta asfáltica.....	35
2.2.2 Diseño de Pavimentos	36
2.2.3 Criterios de Diseño del Pavimento Flexible.....	36
2.2.4 Propiedades de los materiales.	37
2.2.4.1 Propiedades físico-mecánicas de los suelos para subrasante.....	37
2.2.4.1.1 Clasificación de suelos.	37
2.2.4.1.2 Ensayos para determinar la resistencia del suelo.	38
2.2.5 Método AASHTO – 1993.	43
2.2.5.1 Descripción general	43
2.2.5.2 Variables de diseño.....	44
2.2.5.2.1 Variable en función al tiempo.	44
2.2.5.2.2 Variable en función al tránsito.	45
2.2.5.2.3 Confiabilidad.....	56
2.2.5.2.4 Serviciabilidad.....	58
2.2.5.2.5 Desviación estándar.....	60
2.2.5.2.6 Coeficiente de Drenaje	62
2.2.5.2.7 Coeficientes estructurales de capa.....	65
2.2.5.3 Determinación de espesores	66
2.2.5.3.1 Determinación del número estructural requerido.....	67
2.2.5.3.2 Estabilidad y factibilidad de la construcción.....	69
2.2.5.3.3 Espesores mínimos en función del SN.....	70
2.2.6 Método Mecánico Empírico – MEPDG.....	73
2.2.6.1 Descripción general	73
2.2.6.2 Variables de diseño.....	73
2.2.6.2.1 Tráfico	73
2.2.6.2.2 Clima	78
2.2.6.2.3 Estudio de suelos.....	84
2.2.6.2.4 Confiabilidad (R).....	85
2.2.6.3 Indicadores de desempeño en pavimentos flexibles	86
2.2.6.3.1 Daños en Pavimentos Flexibles.....	86
2.2.6.3.2 Teoría de Falla.....	87
2.2.6.3.3 Deformación Permanente (ahuellamiento).....	87
2.2.6.3.4 Fisuración longitudinal (fisuramiento de arriba hacia abajo).....	89
2.2.6.3.5 Fatiga en la estructura del pavimento (Tipo piel de cocodrilo).....	90
2.2.6.3.6 Fisuración por efectos térmicos.....	92
2.2.6.3.7 Índice Internacional de Rugosidad – IRI.....	93

2.2.6.4 Niveles Jerárquicos de Entrada de Datos.....	94
2.2.6.5 Interfaz con el Software Design Guide (MEPDG)	95
2.2.7 Limitantes y ventajas para las metodologías de diseño AASHTO 93 y MEPDG	97
2.2.7.1 AASHTO 93	97
2.2.7.2 MEPDG	98
2.3 Marco conceptual	99
2.3.1 Vida Útil de Diseño.....	99
2.3.2 Límite de Resistencia	99
2.3.3 Daño Incremental	99
2.3.4 Pavimento de Larga Vida.....	100
2.3.5 Confiabilidad del Diseño de Prueba.....	100
2.3.6 Función de Transferencia.....	100
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	101
3.1 Hipótesis de la investigación	101
3.1.1 Hipótesis general.....	101
3.1.2 Hipótesis general alterna.....	101
3.1.3 Hipótesis específicas	101
3.1.4 Hipótesis específicas alternas.....	102
3.2 Variables de la investigación.....	102
3.2.1 Identificación de las variables	102
3.2.1.1 Variables Independientes	102
3.2.1.2 Variables Dependientes	102
3.2.2 Operacionalización de las variables	103
3.3 Tipo de investigación	103
3.4 Diseño de la investigación.....	104
3.5 Población y muestra	105
3.5.1 Población.....	105
3.5.2 Muestra.....	105
3.5.2.1 Cálculo de las unidades de muestreo.	105
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	105
3.6.1 Instrumentos.....	105
3.7 Proceso de recolección de datos	107
3.8 Diseño de pavimento con método AASHTO 93	107
3.8.1 Determinación del CBR de diseño.....	107
3.8.2 Parámetros para el diseño.....	108
3.8.3 Memoria de cálculo.....	110
3.9 Diseño de pavimento flexible con método mecanístico empírico MEPDG.....	112
3.9.1 Datos generales de entrada.....	112
3.9.1.1 Información general del proyecto	112

3.9.1.2 Identificación del sitio/proyecto	112
3.9.1.3 Parámetros de análisis.....	113
3.9.2 Datos de tráfico	113
3.9.2.1 Organización de datos de pesaje y conteo vehicular	113
3.9.2.2 Recopilación de información para parámetros de tráfico.	115
3.9.2.2.1 Generación de la información de tráfico para el año base.	116
3.9.2.2.2 Transito medio diario anual de camiones (TMDAC).....	116
3.9.2.2.3 Número de carriles en la dirección de diseño	118
3.9.2.2.4 Porcentaje de camiones en la dirección de diseño	118
3.9.2.2.5 Porcentaje de camiones en el carril de diseño.....	120
3.9.2.2.6 Velocidad de operación de vehículos.....	120
3.9.2.3 Factores de ajuste de volúmenes de tráfico.	121
3.9.2.3.1 Factor de ajuste mensual.	121
3.9.2.3.2 Distribución por tipo de vehículo.....	121
3.9.2.3.3 Factor de distribución horaria de camiones (FDH).....	123
3.9.2.3.4 Factor de crecimiento de trafico.....	123
3.9.2.4 Espectros de carga	123
3.9.2.4.1 Procedimiento para generación de espectros de carga por eje.	123
3.9.2.4.2 Gráfica de espectros de carga por eje.....	126
3.9.2.5 Entrada de datos generales de tráfico	127
3.9.3 Datos meteorológicos e hidrológicos	130
3.9.3.1 Recopilación de información climática existente	130
3.9.3.1.1 Precipitación.....	130
3.9.3.1.2 Temperatura del aire.....	131
3.9.3.1.3 Nubosidad.....	131
3.9.3.1.4 Velocidad de viento.....	131
3.9.3.1.5 Nivel freático.....	132
3.9.3.1.6 Salida y puesta del sol.	132
3.9.3.1.7 Humedad relativa.	132
3.9.3.1.8 Radiación solar.....	132
3.9.3.2 Implementación del EICM (Modelo climático integrado mejorado)	133
3.9.3.2.1 Estructura del archivo digital ICM.....	134
3.9.3.2.2 Generar el archivo digital ICM	137
3.9.4 Características de la estructura del pavimento	139
3.9.4.1 Propiedades de drenaje y superficie.....	139

3.9.4.2 Propiedades de las capas.....	139
3.9.4.2.1 Propiedades de la carpeta asfáltica.....	139
3.9.4.2.2 Propiedades de la base granular	140
3.9.4.2.3 Propiedades de la sub base granular.....	140
3.9.4.2.4 Propiedades de la sub rasante.....	141
3.9.5 Comparación entre los métodos AASHTO 93 y MEPDG.....	141
3.9.5.1 Comparación de costos del diseño de pavimento	141
3.9.5.2 Comparación en la entrada de datos entre los métodos AASHTO 93 y MEPDG.....	143
3.9.5.3 Comparación entre MEPDG generado y MEPDG por defecto	145
3.9.6 Esfuerzo, deformación y deflexión	146
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	150
4.1 Generalidades	150
4.2 Resultados de los ensayos de mecánica de suelos.....	151
4.3 Parámetros y resultados para la metodología AASHTO 1993	153
4.3.1 Parámetro Tráfico.....	153
4.3.2 Resultados de espesores con método AASHTO 93	154
4.4 Parámetros y resultados para la metodología MEPDG	154
4.4.1 Resultado de entrada de Tráfico – Espectros de carga.....	154
4.4.2 Resultado de los modelos de predicción al Nivel 1	156
4.4.3 Resultado de los modelos de predicción al Nivel 3	161
4.4.4 Resultado de espesores con método MEPDG al nivel 1	161
4.4.5 Resultados del análisis de esfuerzo, deformación y deflexión.....	162
4.5 Comparación económica en función a los espesores calculados por los dos métodos	164
4.5.1 Análisis de Costos de mantenimiento	166
4.6 Conclusión de hipótesis.....	170
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
5.1 Conclusiones	172
5.2 Recomendaciones	177
REFERENCIAS	179
ANEXOS	182

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Categoría de Sub rasante.	34
Tabla 2. Límite para obtener la resistencia (CBR de diseño).	40
Tabla 3. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.	42
Tabla 4. Periodo de diseño en función al tipo de carretera.	45
Tabla 5. Tasa de crecimiento anual.	48
Tabla 6. Factor de crecimiento acumulado para el cálculo de numero de repeticiones de EE.	49
Tabla 7. Factor vehículo pesado.	52
Tabla 8. Ecuaciones de relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE).	52
Tabla 9. Factor camión.	53
Tabla 10. Factor presión de neumático.	54
Tabla 11. Factor de sentido (FS).	55
Tabla 12. Factor carril (FC).	55
Tabla 13. Nivel de confiabilidad para un periodo de diseño de 20 años según rango de tráfico.	57
Tabla 14. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico.	59
Tabla 15. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico.	60
Tabla 16. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años.	61
Tabla 17. Criterio para la selección del error estándar (So).	61
Tabla 18. Calidad del drenaje.	64
Tabla 19. Coeficiente de drenaje (mx) para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.	64
Tabla 20. Espesores mínimos de capa superficial y base granular.	70
Tabla 21. Datos de tráfico necesario para obtención de los parámetros de tráfico.	76
Tabla 22. Datos meteorológicos requeridos por la metodología MEPDG.	80
Tabla 23. Formato para recopilación de datos para la elaboración de los archivos ICM.	81
Tabla 24. Criterios de diseño o Umbrales recomendados por MEPDG para evaluar la aceptación de un diseño de pavimento.	85
Tabla 25. Niveles de Confiabilidad mínimos recomendados para las distintas clases funcionales de carreteras.	86
Tabla 26. Criterios de Rendimiento.	94
Tabla 27. Operacionalización de Variables.	103
Tabla 28. Diseño de la Investigación.	104
Tabla 29. Determinación del CBR de diseño.	107
Tabla 30. Determinación de ESAL (W18).	109
Tabla 31. Parámetros de diseño para modelos de predicción.	113
Tabla 32. Datos al 10% de estación de pesaje (2017) del conteo vehicular.	116

Tabla 33. Datos al 10% de estación de pesaje (2018) del conteo vehicular.	117
Tabla 34. Datos de estación de pesaje en función al conteo de tráfico en campo.	118
Tabla 35. Porcentaje de camiones en la dirección de diseño.	119
Tabla 36. Velocidad de operación de vehículos medida en campo.	120
Tabla 37. Factor de ajuste mensual (FAM).	121
Tabla 38. Distribución por tipo de vehículo.	122
Tabla 39. Configuración de ejes de vehículos pesados.	124
Tabla 40. Formato de datos recibidos de pesaje cambiado a formato XSL.	124
Tabla 41. Cantidad de vehículos pesados en cada rango establecido por la guía MEPDG.	126
Tabla 42. Número promedio de ejes tomado por defecto.	128
Tabla 43. Distancia y porcentaje promedio entre ejes.	130
Tabla 44. Datos informativos de la estación a considerar para el diseño.	134
Tabla 45. Presupuesto final para la metodología AASHTO 93.	141
Tabla 46. Presupuesto final para la metodología MEPDG generado.	142
Tabla 47. Presupuesto final para la metodología MEPDG por defecto.	142
Tabla 48. Comparación entre las metodologías de diseño AASHTO 93 y MEPDG.	143
Tabla 49. Comparación entre los parámetros de entrada.	145
Tabla 50. Datos de entrada de carga en dos puntos de medición.	148
Tabla 51. Datos de entrada donde se definió los puntos de medición en las diferentes capas.	149
Tabla 52. Resumen de resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio.	151
Tabla 53. Resultados de número de ejes equivalentes (ESAL's) para el sentido SUR.	153
Tabla 54. Resultados de número de ejes equivalentes (ESAL's) para el sentido NORTE.	153
Tabla 55. Espesores finales de diseño con el método AASHTO 93.	154
Tabla 56. Resumen de confiabilidad para toda la vida de diseño del pavimento al nivel 1. ...	156
Tabla 57. Resumen de confiabilidad para toda la vida de diseño del pavimento al nivel 3. ...	161
Tabla 58. Espesores finales de diseño con el método MEPDG.	162
Tabla 59. Resultado de esfuerzos en cada capa respectivo a su punto de medición.	162
Tabla 60. Resultado de deformación en cada capa respecto a su punto de medición.	163
Tabla 61. Resultado de deflexiones en cada capa respectivo a su punto de medición.	163
Tabla 62. Comparación económica para el paquete estructural del pavimento.	164
Tabla 63. Resumen de actividades de mantenimiento con el método AASHTO 93.	167
Tabla 64. Resumen de actividades de mantenimiento con el método MEPDG generado y por defecto.	168
Tabla 65. Costo de mantenimiento para ambas metodologías.	169
Tabla 66. Costo de mantenimiento acumulado con presupuesto base para ambas metodologías.	169

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado de la práctica para el diseño de pavimentos.	32
Figura 2. Esquema sobre el Funcionamiento del método Mecanístico-Empírico.	32
Figura 3. Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles.	33
Figura 4. Estructura de un pavimento Flexible.	35
Figura 5. Mecanismo esfuerzo desviador vs deformación acumulada.	41
Figura 6. Configuración de ejes.	50
Figura 7. Peso máximo por eje simple o conjunto de ejes permitido a los vehículos.	51
Figura 8. Concepto de serviciabilidad en el método de diseño AASHTO-93.	58
Figura 9. Coeficiente para la carpeta asfáltica (a1).	65
Figura 10. Coeficiente para la base granular (a2).	66
Figura 11. Coeficiente para la sub base granular (a3).	66
Figura 12. Nomograma utilizado para la obtención del número Estructural (SN).	68
Figura 13. Representación del número estructural de capa (SNx) y espesores (Dx).	71
Figura 14. Metodología para el diseño de pavimentos según MEPDG.	73
Figura 15. Primera variable en el software para el diseño de pavimento.	75
Figura 16. Caracterización de Tráfico.	75
Figura 17. Tipos de ejes de carga.	76
Figura 18. Clasificación de vehículos según Federal Highway Administration (FHWA). ..	77
Figura 19. Ejemplo de espectro de carga característico de un vehículo Clase 4, Eje Simple.	78
Figura 20. Segunda variable en el software para el diseño de pavimento.	79
Figura 21. Diagrama de flujo para Factor Clima.	80
Figura 22. Archivo EICM requeridos del software para el diseño de pavimento con la metodología mecanicista MEPDG.	84
Figura 23. Tercera variable en el software para el diseño de pavimento.	84
Figura 24. Concepto de Confiabilidad del Diseño para la Regularidad Superficial (IRI)...	86
Figura 25. Falla por ahuellamiento.	88
Figura 26. Fisuras longitudinales en la vía.	90
Figura 27. Fallas por fatiga – piel de cocodrilo.	90
Figura 28. Falla por fisuramiento térmico.	92
Figura 29. Comportamiento del IRI.	93
Figura 30. Niveles de entrada de datos.	95
Figura 31. Software para el diseño de pavimento con la metodología mecanicista MEPDG.	96
Figura 32. Proceso de análisis en la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico – Mecanicista.	97
Figura 33. Diagrama de Flujo.	104
Figura 34. Configuración de sistemas de camiones gráficamente para diseño de pavimentos.	106

Figura 35. Configuración de ejes de camiones gráficamente para diseño de pavimentos.	106
Figura 36. Cálculo de CBR de diseño.	107
Figura 37. Datos de pesaje vehicular facilitada por la estación de pesaje COVISUR.	114
Figura 38. Datos de conteo vehicular facilitada de la estación de pesaje COVISUR.	115
Figura 39. Crecimiento del TMDAC en el transcurso del tiempo, Estación de pesaje COVISUR.....	117
Figura 40. Porcentaje de camines en la dirección de diseño.	120
Figura 41. Distribución por tipo de vehículo.....	122
Figura 42. Identificación de peso de cada eje según el nombre dado a cada eje.....	125
Figura 43. Resumen de espectros de carga por tipo de vehículo.....	127
Figura 44. Esquema para la configuración de ejes de los camiones.....	129
Figura 45. Datos de información climatológica obtenida del SENAMHI.	133
Figura 46. Esquema de la configuración del archivo ICM.....	134
Figura 47. Descripción de la ubicación de cada elemento para generar el archivo ICM. .	135
Figura 48. Esquema de la distribución de los parámetros con frecuencia diaria y horaria.	136
Figura 49. Guardar de Microsoft Excel en formato delimitado por espacios.....	137
Figura 50. Acomodación de los valores de clima para que el software MEPDG reconozca.	138
Figura 51. Guardado desde bloc de notas con extensión “.icm”.	138
Figura 52. Valores típicos de Poisson para diferentes materiales	139
Figura 53. Entrada de datos generales con fines de análisis.....	146
Figura 54. Definición de la carga para el análisis y determinación de radio.....	147
Figura 55. Ubicación del centro de los puntos de medición.....	147
Figura 56. Definición de los puntos de medición en las diferentes capas del paquete estructural.	148
Figura 57. Coordenadas cartesianas tridimensional.	149
Figura 58. Resumen de resultados de espectros de carga para eje simple.....	154
Figura 59. Resumen de resultados de espectros de carga para eje tandem.	155
Figura 60. Resumen de resultados de espectros de carga para eje tridem.....	156
Figura 61. Módulos del concreto asfáltico pronosticados en el diseño de prueba.	157
Figura 62. Fisuras longitudinales de arriba hacia abajo.	157
Figura 63. Pronóstico de las grietas de la piel de cocodrilo.	158
Figura 64. Pronóstico de las grietas por temperatura.	158
Figura 65. Pronóstico de la deformación permanente o ahuellamiento.	159
Figura 66. Pronóstico del IRI.	160
Figura 67. Comparación de espesores.	165
Figura 68. Comparación económica del paquete estructural del pavimento.....	165
Figura 69. Comparación de costo de mantenimiento acumulado.....	170

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. CBR, California Bearing Ratio.....	39
Ecuación 2. Módulo resiliente con $CBR < 10\%$	41
Ecuación 3. Módulo resiliente con $R < 20\%$	41
Ecuación 4. Módulo de Resiliencia CBR MEPDG	41
Ecuación 5. Módulo de Resiliencia en función de (R).....	41
Ecuación 6. Módulo de Resiliencia en función a (a_i).....	42
Ecuación 7. Ecuación General del método AASHTO 93.....	44
Ecuación 8. Volumen de transito semanal (TS)	45
Ecuación 9. Transito promedio diario semanal (TPDS).....	46
Ecuación 10. Factor equivalente de carga (LEF)	46
Ecuación 11. Índice de serviciabilidad inicial	47
Ecuación 12. Ejes equivalentes (ESAL's).....	47
Ecuación 13. Tasa de crecimiento vehicular	48
Ecuación 14. Factor de crecimiento anual.....	48
Ecuación 15. Número de ejes equivalentes	54
Ecuación 16. Desviación estándar muestral (S)	55
Ecuación 17. Desviación estándar poblacional (σ)	56
Ecuación 18. Índice medio diario anual (IMDA)	56
Ecuación 19. Coeficientes estructurales de capa	65
Ecuación 20. Numero estructural	69
Ecuación 21. Espesor de capa asfáltica D1	71
Ecuación 22. SN'1 absorbido por el concreto asfáltico.....	71
Ecuación 23. Espesor de base D2.....	72
Ecuación 24. SN'2 absorbido por la base.....	72
Ecuación 25. Espesor de base D3.....	72
Ecuación 26. SN'3 absorbido por la sub base	72
Ecuación 27. Verificación del número estructural	72
Ecuación 28. Confiabilidad	85
Ecuación 29. Profundidad de ahuellamiento	88
Ecuación 30: Factor de confinamiento de profundidad.....	89
Ecuación 31. Fisuramiento relacionado con la carga.	91
Ecuación 32. Fisuramiento piel de cocodrilo de abajo hacia arriba.	92
Ecuación 33. Fisuras longitudinales o de arriba hacia abajo.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PANEL FOTOGRÁFICO	183
ANEXO B. PLANOS	186
B. 1. Plano de Ubicación	186
B. 2. Plano de Calicatas y Punto de aforo	186
ANEXO C. METODO AASHTO 1993.	189
C. 1. Datos de tráfico.	189
C. 1.1. Fichas de conteo vehicular.	189
C. 1.2. Factor de Ejes Equivalentes.	193
C. 2. Memoria de cálculo para diseño pavimento flexible con método AASHTO 93.	196
ANEXO D. METODO MEPDG.	199
D. 1. Datos de tráfico.	199
D. 1.1. Fichas de conteo vehicular.	199
D. 1.2. Datos de conteo vehicular proporcionados de la estación de pesaje COVISUR.	203
D. 1.3. Datos de pesaje vehicular proporcionados de la estación de pesaje COVISUR.	204
D. 1.4. Datos de configuración de ejes de los camiones (clase 4 - clase 13).	208
D. 1.5. Datos y gráfico de espectros de carga.	211
D. 1.6. Datos para generar espectros de carga – Eje Simple, Tándem y Tridem (Digital).	224
D. 2. Datos de clima.	224
D. 2.1. Clima Juliaca-DZ.13 (Digital).	224
D. 3. Memoria de cálculo para el diseño de pavimento flexible método MEPDG-Nivel 1.	225
D. 4. Memoria de cálculo para el diseño de pavimento flexible método MEPDG-Nivel 3.	252
D. 5. Esfuerzos, deformaciones y deflexión.	278
ANEXO E. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	280
E. 1. Ensayos para subrasante.	280
E. 1.1. Calicata 1 (C-1).	280
E. 1.2. Calicata 2 (C-2).	286
E. 1.3. Calicata 3 (C-3).	292
E. 1.4. Calicata 4 (C-4).	298
E. 1.5. Calicata 5 (C-5).	304
E. 1.6. Calicata 6 (C-6).	310
E. 1.7. Consolidado de las calicatas.	316
E. 1.8. Cantera Taparachi.	317
E. 1.9. Combinación de suelos (Calicata 5: 80% + Cantera Taparachi 20%).	322
E. 2. Ensayos para subbase granular.	328
E. 2.1. Combinación de canteras (Isla 50% + Taparachi 50%).	328
E. 3. Ensayos para base granular.	333
E. 3.1. Combinación de canteras (Isla 60% + Taparachi 40%).	333
ANEXO F. Resumen de diseño de pavimento para 01+00km–AASHTO 93 y MEPDG.	339

SÍMBOLOS USADOS

AASHTO	American Association of State and Highway Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVC	Automated Vehicle Classification (Clasificador Automatizado de Vehículos)
CBR	California Bearing Ratio (Relación de Soporte California)
COVISUR	Concesionaria Vial del Sur
EHA	Estación Hidrológica Automática
EICM	Enhanced Integrated Climate Model (Modelo Climático Integrado Mejorado)
EMA	Estación Meteorológica Automática
EMS	Estudio de Mecánica de Suelos
ESAL	Equivalent Single Axle-Load (Cargas por Eje Simple Equivalente)
FHWA	Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras)
IRI	International Roughness Index (Índice Internacional de Rugosidad)
MEPDG	Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide
MR	Módulo Resiliente
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PEN	Grado de Penetración
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
TMDAC	Tránsito Medio Diario Anual de Camiones
WIN	Weighing-In-Motion (Pesaje en Movimiento)

RESUMEN

Es una realidad el estado en el que se encuentran los pavimentos flexibles, fallando prematuramente sin cumplir su ciclo de diseño, ya que se emplean métodos convencionales como el AASHTO 93 y este no garantiza un buen desempeño por tratarse de un método empírico que no incluye factores locales en el diseño, y hoy en día se debe buscar nuevas metodologías que se adecuen a las condiciones actuales que se presentan, como es el método MEPDG ya que cuenta con conceptos mecanísticos - empíricos, el cual considera factores como: condiciones climáticas, velocidad de flujo vehicular, cargas, directamente de la zona en estudio, con el fin de simular con anterioridad el desempeño del pavimento a través de modelos de predicción. Por lo tanto, esta investigación se realiza con la finalidad de proponer de forma confiable un diseño racional y económico mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG, para optimizar el desempeño del pavimento. El método mecanístico - empírico (MEPDG) se ha convertido en una nueva alternativa para el diseño de pavimentos y con la aplicación de este método se reduce las deformaciones que tendrá una vía en estudio y por ende se reducirá los costos de construcción y mantenimiento de una infraestructura vial, ya que se puede controlar los niveles de falla que se presentarían cuando presten servicio a la población, buscando prolongar la durabilidad del pavimento. La metodología consiste en realizar el diseño de un pavimento mediante el método MEPDG-AASHTO 2008 y complementariamente con AASHTO 93, con el fin de verificar las falencias que existe en este último método y mejorar el comportamiento que presentan los pavimentos durante su vida útil, optimizando costos de construcción y mantenimiento mediante los resultados que se han obtenido. Como resultado se obtuvo que el método AASHTO 93 determina solo los espesores del paquete estructural, sin embargo, el método MEPDG es más completo determinando los espesores y una información más detallada de cómo será el comportamiento del pavimento mediante los modelos de predicción (fallas por fatiga, ahuellamiento, fisuras longitudinales y térmicas). Finalmente se ha logrado realizar un diseño racional y económico mediante el método MEPDG, ya que se obtiene los modelos de predicción los cuales permiten al diseñador verificar con anterioridad el comportamiento del pavimento y de ser necesario iterar hasta que se encuentren dentro de los límites establecidos por la guía de diseño de pavimento MEPDG mediante mejoras de estabilización de suelos, manipulación de espesores, materiales tecnológicos, además realizando una comparación económica de diseño se ha obtenido una reducción de S/. 101,428.20 para 01+00 km de carretera en función a los espesores derivados de cada método.

Palabras Clave: MEPDG, método mecanístico empírico, ICM, diseño de pavimento, AASHTO 2008, AASHTO 1993.

ABSTRACT

It is a reality the state in which flexible pavements are found, failing prematurely without fulfilling their design cycle, since conventional methods such as AASHTO 93 are used and this does not guarantee a good performance because it is an empirical method that does not include factors local in the design, and nowadays we must look for new methodologies that are adapted to the current conditions that are presented, as is the MEPDG method since it has mechanistic - empirical concepts, which considers factors such as: climatic conditions, vehicular flow, loads, directly from the area under study, in order to simulate the performance of the pavement in advance through prediction models. Therefore, this research is carried out in order to reliably propose a rational and economic design through the application of the empirical mechanical method MEPDG, to optimize the performance of the pavement. The mechanistic-empirical method (MEPDG) has become a new alternative for the design of pavements and with the application of this method the deformations that a road in study will have will be reduced and therefore the costs of construction and maintenance will be reduced. road infrastructure, since it is possible to control the levels of failure that would occur when rendering service to the population, seeking to prolong the durability of the pavement. The methodology consists of designing a pavement using the MEPDG-AASHTO 2008 method and in addition with AASHTO 93, in order to verify the shortcomings that exist in the latter method and improve the behavior of the pavements during their useful life, optimizing construction and maintenance costs through the results that have been obtained. As a result it was obtained that the AASHTO 93 method determines only the thicknesses of the structural package, however, the MEPDG method is more complete determining the thicknesses and more detailed information on how the pavement behavior will be by means of prediction models (fatigue failures, rutting, longitudinal and thermal fissures). Finally, a rational and economical design has been achieved through the MEPDG method, since the prediction models are obtained which allow the designer to verify the pavement behavior beforehand and if necessary iterate until they are within the limits established by the MEPDG pavement design guide through improvements in soil stabilization, thickness manipulation, technological materials, in addition to making an economic comparison of design, a reduction of S /. 101,428.20 for 01 + 00 km of road depending on the thickness derived from each method.

Keywords: MEPDG, empirical mechanistic method, ICM, pavement design, AASHTO 2008, AASHTO 1993.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema de investigación

Durante el pasar de los años, la humanidad ha crecido y de esta forma también fue aumentando su ámbito territorial por lo que empezó a buscar muchas maneras para poder satisfacer las necesidades que se le presentaba durante su vida cotidiana, para esto el rol de la tecnología fue un factor determinante y se incrementó, rápidamente se fue integrando a la humanidad ya que este tenía la respuesta a esas necesidades que se les presentaba como son: la comunicación, seguridad, educación, relacionarse con otras poblaciones adyacentes a la zona, y sobre todo la movilización, por lo que se fueron solucionando de una forma individual o también colectivamente.

Y de esta manera la construcción de proyectos viales ha ido desarrollando su gran importancia en el avance de las poblaciones, ya que les permitía poder desplazarse con mayor facilidad y poder aumentar su calidad de vida al relacionarse con otras zonas, incluso este impacto llegó a la actualidad, pero con variantes, ya que estos se diferencian por el desarrollo de algunos países y otras que son sub desarrolladas. Poniendo así a los primeros, propensos en adquirir mayor tecnología, nuevos métodos constructivos, mejoras de conservación de vías, y muchas más innovaciones que están en desarrollo.

En nuestra actualidad las agrupaciones de las redes viales forman un papel muy importante en cuanto al desarrollo, tratando así poder disponer de una infraestructura vial que pueda satisfacer las necesidades esenciales que tienen los humanos en nuestra actualidad, de esta forma también hacer capaz que conecte a los rincones más alejados de un determinado territorio. El realizar una nueva construcción o mantenimiento de una vía o red vial, tiene por objetivo corregir todas las imperfecciones o mejoras que se espera tener, toda red vial está relacionada directamente con la población, ya que este prestara sus servicios durante un tiempo muy prolongado.

Desde una perspectiva más amplia se ha observado cuanto es la frustración de la población al ver el deterioro de la vía de forma prematura, sin haber cumplido su vida útil, esto por consecuencia de la falta de mantenimiento, ya que se ha visto que una vez construida y entregada al patrimonio público, estas no tienen mantenimiento hasta llegar al punto de un deterioro excesivo en donde es necesario realizar una reconstrucción, y por ende este tiene un costo muy elevado a comparación que si se hubieran realizado los respectivos mantenimientos en su tiempo oportuno.

Yamunaque, (2016) en la conferencia de colegio de ingenieros sede Lima manifiesta que al realizar un diseño de cualquier pavimento, normalmente se le aplica el método AASHTO 93, resultando así un pavimento sobredimensionado o subdimensionado, conllevando así a un costo elevado en la construcción o mantenimiento de una vía deteriorada, por lo que se pretende corregir aplicando la nueva metodología de diseño usado en países desarrollados como es el AASHTO 2008 o conocido también como el método empírico – mecanístico o MEPDG, esta última probada con el software Design Guide MEPDG.

Según García, Gutiérrez & Hernández, (2014) menciona que:

El método mecanístico MEPDG se basa en el análisis de espectros de carga y espectros de daño, los espectros son considerados una representación realista de la representación de las cargas. Un Espectro de Carga se define como la relación entre el número de un tipo de eje, expresado en porcentaje, por lo que usualmente se calculan para cada eje: sencillo, sencillo dual, tandem y tridem, por lo que es una manera muy eficiente de caracterización en términos de tipos de ejes y su respectivo daño (p. 68).

El estudio de la presente investigación se realizará en la Av. Circunvalación Este de la provincia de San Román, presentando una longitud total de 1.00 km, del cual se le realizará el respectivo diseño de la pavimentación con la nueva metodología, aplicadas en países desarrollados. De esta forma también se pretende obtener un pavimento suave, pero con una larga vida útil.

1.2 Formulación del problema de investigación

- Los pavimentos diseñados con métodos tradicionales no cumplen el desempeño esperado durante su vida útil.
- Se requiere mayor inversión para realizar la construcción y mantenimiento de obras viales al emplear metodologías actuales, ya que estas carecen de datos que afectan al pavimento una vez puesta en servicio.

Los altos costos de operación vehicular, aislamiento de poblaciones, el bajo desarrollo socio-económico, la desviación del tráfico, son resultado de un problema central, que es el pésimo estado de las carreteras consecuente al uso de métodos convencionales de diseño, falencias en el control de calidad durante la ejecución de proyectos viales, por eso se ve en las carreteras la necesidad de hacer mantenimiento y/o rehabilitación.

1.2.1 Problema general.

- ¿Cuál es el desempeño esperado de la vía utilizando el método empírico-mecanicista con datos de entrada al nivel 1 requeridos en la metodología MEPDG?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿Cuál es la configuración de información existente para el modelo climático EICM (Distrito Juliaca) con el fin de cumplir con los datos de entrada requeridos de nivel 1 en la metodología MEPDG?
- ¿Cuál es la caracterización vehicular de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para cumplir con los datos de entrada requeridos al nivel 1 en la metodología MEPDG?
- ¿Qué características presenta el suelo de fundación de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para que cumpla con los datos de entrada requeridos al nivel 1?
- ¿Qué mejoras presenta un diseño de un pavimento flexible al aplicarse la metodología mecanística empírica MEPDG al comparar con el método convencional AASHTO 93?

1.3 Objetivo de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

- Proponer un diseño racional y económico confiable aplicando el método empírico-mecanicista MEPDG con el fin de determinar el desempeño con datos de entrada al nivel 1 en la Av. Circunvalación Este entre el Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000).

1.3.2 Objetivos específicos.

- Implementar un modelo climático EICM (Distrito Juliaca) con fines de diseño para pavimento flexible aplicando la metodología MEPDG.
- Establecer la caracterización vehicular de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para cumplir con los datos de entrada requeridos al nivel 1 en la metodología MEPDG.
- Determinar las características que presenta el suelo de fundación de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para que cumpla con los datos de entrada requeridos al nivel 1.
- Realizar un análisis comparativo económico entre los métodos AASHTO 93 y MEPDG para determinar la eficiencia entre ambos, con el fin de proponer un diseño factible de un pavimento.

1.4 Justificación y viabilidad de la investigación

Social

La razón fundamental para realizar el diseño de un pavimento es obtener una conformación óptima de la capas para que así al momento de ser ejecutado pueda reducirse las fallas que presentará durante su ciclo de vía útil, se ha observado que en la mayoría de redes viales de la ciudad de Juliaca presentan fallas, esto por diversos factores no considerados en el diseño preliminar del pavimento, por lo que se ha visto la reacción

frustrante de la población aledaña, transeúntes, operadores de vehículos, al ver el deterioro prematuro de la vía.

“La necesidad de una infraestructura vial es indispensable por ello debemos tomar las previsiones y correcciones necesarias en el diseño de las vías” (Humpiri, 2015). Con la aplicación de esta metodología en la cual se consideran una mayor cantidad de variables que afectan al pavimento puesta en servicio, se pretende reducir la cantidad de fallas que podría presentar con el pasar de los años, y así se podrá reducir la frustración de las personas.

Cuando se realizan proyectos viales, estas son de mucha importancia para mantener la comunicación a una población, ya que son las personas quiénes serán beneficiados directamente, y también estos proyectos contribuyen con el desarrollo de la ciudad.

Ambiental

La lucha contra el cambio climático y el calentamiento global es un reto para los países del mundo, el Perú en la actualidad a firmado el tratado de París, ratificado el 22 de abril del 2016, en este tratado, dentro de las propuestas de mitigación, se incluyen apartados específicos ligados al sector transporte (iNDC, 2015). Por otro lado, el Perú cuenta con un sistema de transporte terrestre compuesto por más de 78 000 km de infraestructura vial (MTC, 2015). Debido a la magnitud de estos proyectos y la falta de aplicabilidad de métodos de diseño, son responsables de impactos ambientales muy elevados. En efecto, se aprecia que el método mecánico MEPDG, es una herramienta estratégica para poder evitar los mantenimientos de pavimentos a temprana edad de su vida útil además el número de mantenimiento en cierto periodo.

Técnico

Esta investigación se realizó con el fin de aplicar una nueva metodología para el diseño de pavimentos utilizada en países desarrollados, ya que presentan modelos de predicción para tener una referencia sobre el desempeño que presentaría una red vial, y poder ser considerados en la construcción para evitar mantenimientos rutinarios, fomentando y proponiendo el uso del método de diseño para pavimentos MEPDG (Batista, 2014).

Económico

El empleo de criterios profesionales en los diseños de estructuras de pavimentos es indispensable, económicamente hablando en la realización de un proyecto de carretera, se usan variedad de criterios de acuerdo a la capacidad de las entidades que lo desarrollan, corresponde al profesional encargado elegir un método, que resulte de adecuada aplicación. Con la aplicación de esta metodología de diseño se puede iterar en el diseño preliminar para que las fallas se encuentren dentro de los límites establecidos por la norma AASHTO 2008, con el fin de hacer un diseño óptimo económicamente sin que presente periodos de mantenimiento de fallas considerables.

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales.

2.1.1.1 Antecedente 1.

Según Batista (2014), en su trabajo de investigación: “chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG)” como objetivo considera: establecer una metodología para la introducción paulatina de la Guía de Diseño MEPDG como herramienta de chequeo de diseño de estructuras de pavimento flexible el cual llega a concluir que:

Con la aplicación de este software se puede determinar con alto grado de exactitud el desempeño de estructuras pavimento en el tiempo referido a la evolución de los principales deterioros y consecuentemente realizar un planeamiento mejor de los recursos que deben ser destinados a su mantenimiento o reparación (p. 71).

2.1.1.2 Antecedente 2.

Según Chang, Vidal, Loria, Bustos, & Delgadillo (2013), en su estudio: “Aplicabilidad del método de mecanístico- empírico de diseño de pavimentos (MEPDG) en Latinoamérica” Mencionan que:

MEPDG representa un método confiable para el diseño de pavimentos asfálticos y de concreto simple. La implementación del MEPDG en Latinoamérica depende de la posibilidad de poder calibrar estos modelos para los climas y materiales de cada país. Este es un esfuerzo conjunto que demandará un mayor tiempo y esfuerzo de parte de las entidades gubernamentales, universidades, consultores y constructores, además mencionan los retos para la implementación en Latinoamérica; Falta de conocimiento del método, calibración de los modelos de predicción, no tener

acceso al software del MEPDG, falta de equipos de laboratorio para realizar los ensayos, falta de información climática detallada horaria, ausencia de datos de tráfico para generar los espesores de carga, falta de apoyo por parte de las entidades gubernamentales para incluir el método como requisito en nuevos proyectos de diseño y rehabilitación (p. 11).

2.1.1.3 Antecedente 3.

Según Fontalba (2015), En su estudio: “diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo 1° etapa” menciona en base a los análisis realizados se concluye que:

Los resultados obtenidos para ambos métodos de diseño son válidos y representan una alternativa viable de aplicar para la solución de caminos nuevos. La elección entre la aplicación de un pavimento flexible o un pavimento rígido para este proyecto queda sujeto a otros factores distintos al diseño estructural tales como el costo económico entre las distintas soluciones, al tiempo de ejecución de las obras, a los costos de mantención del pavimento, etc (p. 57).

2.1.1.4 Antecedente 4.

Según García, Gutiérrez, & Hernández (2014), en su investigación denominada: “Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: imt-pave y cr-me del metodo mecanicista empirico, con el metodo AASHTO 93” el cual considera como objetivo: Elaborar un análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas, del cual llego a concluir que:

Los vehículos que más dañan nuestras carreteras, son los clasificados como: T3-S2-R2 y T2-S2-R2, sin embargo la proporción de estos es poca dentro del total de la flota vehicular, de la misma forma determinó que para la introducción de datos de tránsito en el diseño por las alternativas mecanicistas empíricas, solo se considera el tráfico pesado, los que son tomados en cuenta en la metodología AASHTO MEPDG, en la cual se amparan las alternativas estudiadas, En cuanto a espesores requeridos, puede concluirse que las metodologías basadas en conceptos mecanicistas, presentan diseños mucho más precisos, debido a que presentan una menor incertidumbre en los

resultados, ya que se trata de una cuantificación más exhaustiva de los parámetros de diseño, teniendo para el caso del IMT-PAVE, una caracterización real en cuanto al tránsito, por lo que se tienen un enfoque más realista en términos de espectros de carga, La utilización de los Espectros de Carga nos ayuda a que la caracterización del tránsito sea más representativo ya que estos se trabajan con los ejes originales de los vehículos (sencillo direccional, sencillo dual, tandem y tridem) (p. 190).

2.1.1.5 Antecedente 5.

Según Saldaña (2013) en su investigación denominada “estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles: método AASHTO 93 y MEPDG” el cual donde considera como objetivo principal: Identificar si el nuevo método de diseño estructural de pavimentos ME-PDG soluciona las deficiencias conocidas por la experiencia en la utilización del método de diseño AASHTO 93, y a su vez, extender la experiencia del método AASHTO 93 a la posible implementación de ME-PDG, del cual llegó a concluir que:

Cuando se tiene una subrasante de buena calidad (caso 3 y caso 4), el método ME-PDG no presenta condición de falla alguna para espesores mínimos constructivamente, y la diferencia con respecto al método AASHTO 93 se presenta en la ausencia de una capa intermedia de diseño (p.115). A demás mencionando el motivo de falla del pavimento en la metodología ME-PDG para tránsito bajo es por ahuellamiento total, para tránsito medio se alterna entre ahuellamiento total y ahuellamiento en la mezcla asfáltica, mientras que en la Mitología AASHTO 93 varía el coeficiente estructural de la base el cual genera una reducción en la vida útil del pavimento en un rango comprendido entre 1 y 2 años de vida útil. En el método ME-PDG, esta disminución no se presenta en todos los casos analizados, específicamente en los casos analizados con tránsito alto, esto se debe a los altos espesores de material con ligante asfáltico, ya que estos dominan el comportamiento de la estructura diseñada (p. 115).

2.1.2 Antecedentes nacionales.

2.1.2.1 Antecedente 1.

Según Arias & Sarmiento (2015), en su investigación análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima “considera los siguientes objetivos: Realizar un análisis y diseño de pavimentos de la avenida Mártir Olaya con la finalidad de adaptar la superficie de rodadura a los requerimiento de tráfico pesado y garantizar una mejor seguridad vial a los usuarios, para de esta manera la vía se constituya como la principal avenida que conecta la Antigua Carretera Panamericana Sur con la Urb. Fundo Paso Chico”, en donde llega a concluir que:

Con este estudio se dio a conocer una propuesta del diseño estructural y asfáltico del pavimento necesario para la Avenida Mártir Olaya. Las condiciones actuales de la avenida, muestran fácilmente la necesidad de un pavimento que cumpla con las condiciones actuales del tráfico. Manifiestan que, al realizar los cálculos, el método MEPDG tiene una gran ventaja frente al método AASHTO 93 ya que este considera valores en las cuales la vía está expuesta como el clima y algunas características estructurales del suelo (p. 100).

2.1.2.2 Antecedente 2.

Según Rengifo (2014) en su investigación denominada “diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)” en donde considera el siguiente objetivo: Realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera Panamericana Norte considerando dos tipos: flexible y rígido del cual llega a concluir lo siguiente:

Del estudio de tráfico se concluye que el Índice Medio Diario Anual hallado a partir de los datos proporcionados por el MTC era 8,702 vehículos por día. Por otro lado, el número de ejes equivalentes de diseño es $4.1E+07$ para el pavimento flexible y $6.6E+07$ para el pavimento rígido. No obstante, es necesario recalcar que el factor de crecimiento del tráfico estimado puede ser en realidad mayor con el paso de los años debido al progreso actual de nuestro país y a las recientes demandas de transporte por parte del sector minero,

agrícola, etc. Es por ello que sería aconsejable realizar un monitoreo continuo del tráfico y del peso máximo permitido por eje de cada vehículo, de tal manera que se intente no someter al pavimento a una carga mucho mayor a la esperada que pueda traducirse en fallas estructurales (p. 77).

2.1.2.3 Antecedente 3.

Según Vivanco (2016) en su investigación denominada “caracterización del tránsito de vehículos pesados aplicando la metodología MEPDG AASHTO 2008; aplicación en pavimento de concreto hidráulico-Lima” del cual llega a concluir el siguiente:

Con la evaluación detallada de la información de tráfico vehicular (conteo y pesaje vehicular) en la estación de pesaje Serpentin de Pasamayo (mostrados en la sección 4.2), se logró generar los espectros de carga del tráfico y algunos insumos de datos de tráfico, logrando de esta manera una caracterización tráfico en la estación de pesaje, siguiendo los lineamientos de la metodología MEPDG-AASHTO 2008. Además, Las pocas estaciones de pesaje existentes en el Perú solo tienen como objetivo fiscalizar y multar a los camiones con sobrepeso, mas no a la recolección de información de tráfico para fines de diseño de pavimentos (p. 168).

2.1.3 Reglamentación y normativa nacional e internacional.

- ✓ MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones - PERU. (2014).
- ✓ NORMA CE.010, N. (2010). Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ Las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras que se presentan en la EG-MTC-2000.
- ✓ Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito aprobado por la resolución ministerial n° 305-2008-mtc/02 del 04 de abril del año 2008.
- ✓ AASHTO, A. A. (1993). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ✓ Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” 2013.

- ✓ AASHTO, A. A. (2008). American Association of State Highway and Transportation Officials (2008). Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice (MEPDG-1). Washington, DC. ISBN:1-56051-423-7.
- ✓ AASHTO LCG-1 Guide for the local calibration of the mechanistic – empirical pavement design (guía para la calibración local del diseño mecanístico - empírico de pavimento)
- ✓ FHWA. Guide to LTPP traffic data collection and processing (guía para el procesamiento y la recolección de datos de tráfico LTPP). Publicación N° FHWA-RD-00-086. Federal Highway Administration, Washington, DC, 1999.
- ✓ Institute for Research in Construction. Report UR 3002.1 for the National Research Council of Canada, Canada (2005).
- ✓ Evaluation of the Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (NCHRP 1-37A). Canadá.

2.2 Marco teórico.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan

Para optar un conocimiento más amplio a cerca de los Métodos mecanicistas para el análisis estructural y el diseño de pavimentos, es necesario entender sobre la metodología que usan dichos métodos, en nuestra actualidad para realizar un diseño de un pavimento se emplea métodos empíricos, las cuales se hace respaldo con propiedades físicas de los materiales y un índice de resistencia, conocido en nuestro país como CBR (California Bearing Ratio), en cuanto al concepto mecanicista se hace uso del Módulo de Resiliencia el cual se ha encontrado que mantiene una relación con el valor del CBR, la aplicación del método empírico AASTHO 93 se ha realizado para un tramo con distintas características al de nuestro país y al de nuestra actualidad, con relación a ello surge la introducción de factores de seguridad, de esa forma poder brindar la confiabilidad necesaria. (p. 16)

Minaya y Ordóñez (2006), mencionan que “en nuestra actualidad se desarrollan métodos teóricos – prácticos (métodos empíricos), las cuales son accesibles para el diseño de pavimentos, pero el uso adecuado de un método estará en función a los factores geográficos, demográficos, sociales y socioeconómicos”.

Evolución del Diseño de Pavimentos



Figura 1. Estado de la práctica para el diseño de pavimentos.

Nota: Fuente, 8vo Congreso Iberoamericano de Pavimentos.

Para la presente investigación se hará uso del Pavimento Flexible, con el objetivo de darle continuidad a la zona en estudio que es la **AV. CIRCUNVALACIÓN ESTE**, ya que a lo largo de su trayectoria está compuesta por pavimento flexible. Otro de los motivos por lo que se escogió realizar este método es en cuanto costo inicial, ya que es menor a comparación de un pavimento rígido, y también porque es una vía muy transitada por vehículos pesados y semipesados.

Matiz (2015) manifiesta que:

El método MEPDG predice con anterioridad el desempeño que presentara la estructura de pavimento, respaldada con principios Mecánico – empíricos, con las cuales se realiza los cálculos de la estructura (esfuerzos permisibles, deformaciones y deflexiones), todo esto expuesto a las diferentes variables que podrían afectarla, como se observa en la Figura 2 (p. 18).

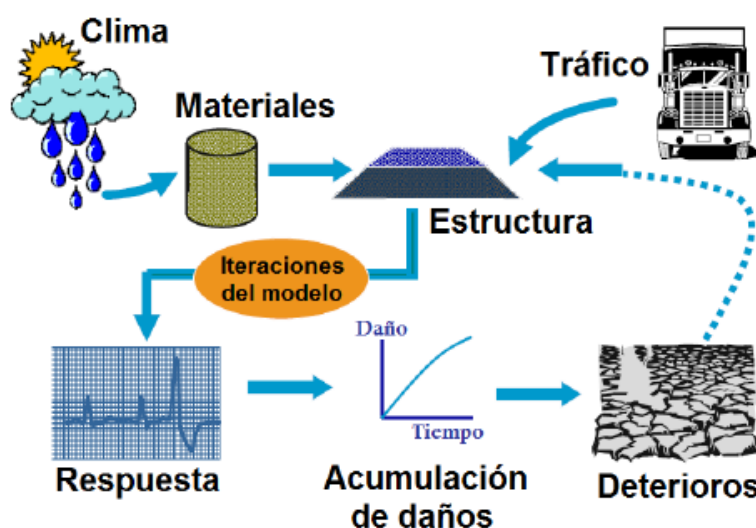


Figura 2. Esquema sobre el Funcionamiento del método Mecanístico-Empírico.

Nota: Fuente: XVII Cila Aplicabilidad del Método Mecanístico-Empírico de Diseño de Pavimentos (MEPDG) en Latinoamérica.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que:

El método mecanístico MEPDG se basa en el análisis de espectros de carga y espectros daño, los espectros son considerados una representación realista de la representación de las cargas. Un Espectro de Carga se define como la relación entre el número de un tipo de eje, expresado en porcentaje, por lo que usualmente se calculan para cada eje: sencillo, sencillo dual, tandem y tridem, por lo que es una manera muy eficiente de caracterización en términos de tipos de ejes y su respectivo daño (p. 68).

2.2.1 Pavimento Flexible.

Coronado (como se citó en Humpiri, 2002) menciona que: “Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, subbase y subrasante” (p. 20).

En la siguiente figura se puede apreciar el comportamiento de un pavimento flexible al ser aplicada con cargas originadas por el tránsito vehicular.

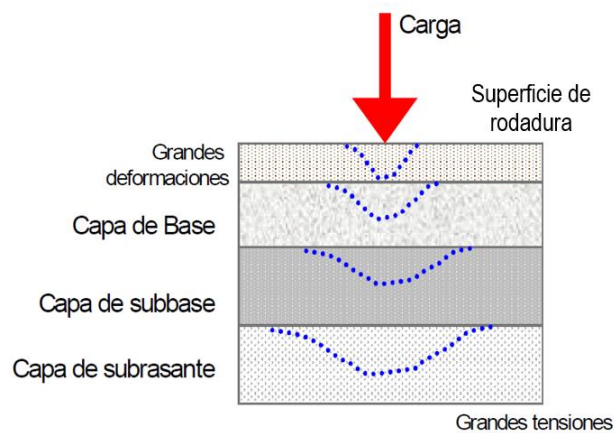


Figura 3. Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles.

Nota: Fuente (Coronado, 2002)

2.2.1.1 Componentes estructurales de un pavimento.

2.2.1.1.1 Sub rasante.

Es el material in situ sobre el cual se coloca la estructura del pavimento, la sub rasante a menudo puede ser el factor primordial en el rendimiento del pavimento, ya que este material debe ser capaz de soportar cargas transmitidas desde la estructura del pavimento.

Este componente tiene como funciones:

- ✓ Recepcionar y resistir las cargas originadas por el tránsito vehicular transmitidas por la estructura de pavimento.
- ✓ Transmitir adecuadamente toda la carga hacia el cuerpo del terraplén.

Humpiri (2015) afirma: “El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incomprensibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad” (p. 20).

En la siguiente tabla se observa la clasificación para el tipo de subrasante en función al CBR.

Tabla 1.

Categoría de Sub rasante.

Categorías de subrasante	CBR
So: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	de CBR \geq 3% a CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	de CBR \geq 6% a CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	de CBR \geq 10% a CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	de CBR \geq 20% a CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	de CBR \geq 30%

Nota: Fuente: (MTC Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

2.2.1.1.2 Sub base.

Tuni (2007) menciona que: “esta capa está destinada principalmente a soportar, transmitir y distribuir de forma adecuada toda carga aplicada en la parte superior del pavimento, de tal manera que la sub rasante pueda absorber las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar la sub base” (p. 14).

Esta capa es utilizada también como una capa drenante y controlador de la capilaridad del agua, protegiendo de esta forma a la estructura del pavimento por lo que normalmente se usan materiales granulare para su conformación.

2.2.1.1.3 Base.

Esta es la capa principal de una estructura de pavimento flexible, siendo constituida por un material granular de buena calidad, ya sea triturada o mezclada con material de relleno, pudiéndose colocar bases estabilizadas, dependiendo de la calidad de material que se cuenta.

Humpiri (2015) manifiesta: “Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso” (p. 21).

Tuni (2007) afirma: “Su función es soportar apropiadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la subbase o capa subrasante, en tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales” (p. 14).

2.2.1.1.4 Superficie de rodadura o carpeta asfáltica.

Tuni (2007) refiere que es la capa superior del pavimento constituida inmediatamente sobre la base, el cual mantiene contacto directo con la aplicación de las cargas ocasionadas por el tránsito vehicular, manteniendo como función principal proporcionar a la superficie un suave deslizamiento y resistencia al desgaste del material conformante, de la misma forma esta capa deberá de proteger a la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar la infiltración del agua originada de las lluvias, las cuales podrían saturar a las capas inferiores.

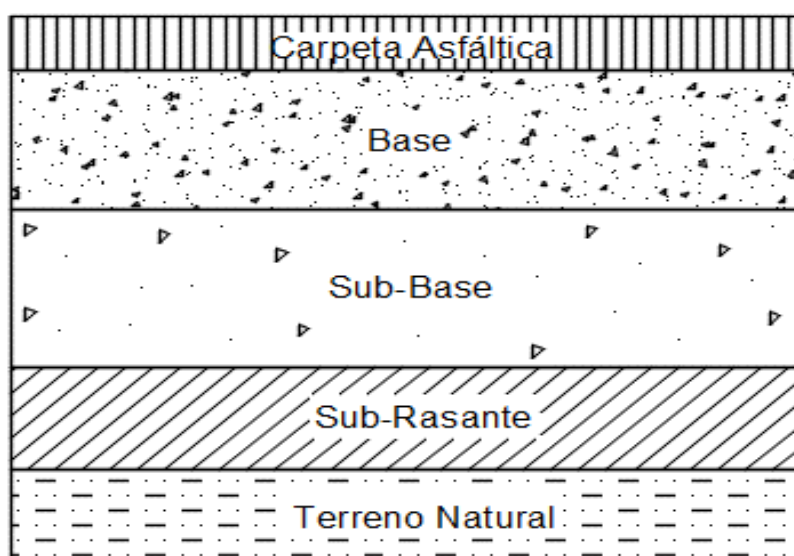


Figura 4. Estructura de un pavimento Flexible.

2.2.2 Diseño de Pavimentos.

El diseño de pavimentos fue evolucionando con una gran magnitud incorporándose conocimientos empíricos – científicos, de tal forma que hoy en día estos juegan un papel muy importante.

Minaya y Ordóñez (2006) manifiestan que:

Los pavimentos de las avenidas deben de ser los más adecuados y abarcar los requerimientos mínimos exigidos tanto por el tránsito actual como por el futuro. Entonces, con respecto al pavimento se puede precisar que, la función principal de este elemento estructural es de proveer una superficie adecuada al tránsito y distribuir las cargas aplicadas por el mismo sin que estas sobrepasen las tensiones admisibles de las distintas capas del pavimento y del suelo de fundación (p. 42).

2.2.3 Criterios de Diseño del Pavimento Flexible.

Según Norma CE.010 pavimentos urbanos, (2010) “se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen y que, al criterio del PR, sea aplicable a la realidad nacional” (p. 101).

Arias y Sarmiento (2015) manifiestan que:

El pavimento trabaja de tal forma que se evita la deformación de la capa de rodadura por acción de las cargas estáticas y dinámicas significativas. Sin embargo, no se puede concluir que no se produce deformación alguna, ya que debido al deterioro en el tiempo se presentarían fallas, es por eso que también se debe proveer mantenimiento constante hasta la colocación de un nuevo pavimento o reparación del mismo. (p. 22)

Robinson (como se citó en Arias y Sarmiento, 2015) menciona:

Que la forma más común para equilibrar los aspectos conflictivos de diseño es utilizar el principio de minimizar el costo total de la carretera durante toda su vida útil, es decir, el costo total de construcción y mantenimiento de la carretera. A medida que la carretera se deteriora, el usuario hace que la

carretera aumente su costo. Al hacer suposiciones realistas sobre el futuro mantenimiento y comportamiento en carretera bajo diferentes estrategias de mantenimiento la vía puede ser diseñada para minimizar los costos totales durante el período de diseño (p. 23).

2.2.4 Propiedades de los materiales.

Las propiedades de los materiales son de suma importancia, el cual se obtiene para distintos casos, en un diseño de pavimento las propiedades son valorados específicamente para determinar el módulo resiliente, ya que en función de este se determina el número estructural de un pavimento para el método AASHTO 93.

La conformación estructural de un pavimento exige una característica especial que define las propiedades de los materiales específicamente la sub rasante, donde estas dependen del módulo resiliente para un buen desempeño.

La calidad de los materiales que conforman la sub rasante, tiende a ser determinados de distintas formas sin embargo todas tienen un solo fin el cual es determinar su resistencia relacionado con el módulo de resiliencia, módulo de Poisson, valor soporte del suelo (CBR).

2.2.4.1 Propiedades físico-mecánicas de los suelos para subrasante.

Según García, Gutiérrez y Hernández (2014) la subrasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un pavimento. Dichas propiedades de los suelos que constituyen la subrasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de realizar un diseño. Las propiedades físicas se mantienen invariables, aunque se sometan a tratamientos tales como homogenización, compactación, etc., Sin embargo, ambas propiedades cambiarían cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización, a través de procesos de mezclas con otros materiales (cemento, cal, puzolanas, etc.) o mezclas con químicos.

2.2.4.1.1 Clasificación de suelos.

La clasificación del suelo es la separación del suelo en clases o grupos, cada uno con características similares y un comportamiento potencialmente similar. Una clasificación para fines de ingeniería debe basarse principalmente en propiedades mecánicas.

Los suelos consisten en granos (granos minerales, fragmentos de roca, etc.) con agua y aire en los vacíos entre los granos. Los contenidos de agua y aire se cambian fácilmente por cambios en las condiciones y la ubicación: los suelos pueden estar perfectamente secos (sin contenido de agua) o completamente saturados (sin contenido de aire) o estar parcialmente saturados (con aire y agua presentes). Aunque el tamaño y la forma del contenido sólido (granular) rara vez cambian en un punto dado, pueden variar considerablemente de un punto a otro.

El suelo no es un material sólido coherente como el acero y el concreto, sino que es un material particulado.

Es importante comprender la importancia del tamaño de las partículas, la forma y la composición, y la estructura interna o el tejido de un suelo.

Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm).

Arena Gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No.40 (0.425 mm).

Arena Fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No.200 (0.075 mm).

Limos y Arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

Existen casos donde dos suelos son similares en tamaño, textura incluso color, sin embargo, estas pueden ser diferentes en la plasticidad para lo cual es necesario tamizar con la malla N° 40, en seguida proceder a determinar los siguientes:

Límite Líquido o LL: Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.

Límite Plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.

Índice Plástico o IP: Es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material. Se concluye que, para los suelos gruesos, la propiedad más importante es la granulometría y para los suelos finos son los límites de Atterberg.

2.2.4.1.2 Ensayos para determinar la resistencia del suelo.

La resistencia que presentan los suelos, son de mucha importancia en la etapa preliminar del diseño de un pavimento flexible, por lo que este es un factor muy importante debido a que dependerá de la resistencia que presenta dicho suelo en estudio, en nuestra actualidad existen una diversidad de métodos que nos permiten medir la resistencia de los

suelos de la subrasante, están han sido obtenidas mediante ensayos elaborados en laboratorios, sometidos a cargas dinámicas derivado del tránsito vehicular.

Existen diferentes métodos para medir la resistencia de los suelos de la subrasante que han sido sometidos a cargas dinámicas de tránsito, entre los cuales están los siguientes:

- ✓ Método del Valor Soporte California (CBR, California Bearing Ratio).
- ✓ Método del valor de resistencia Hveem (Valor R).
- ✓ Métodos basados en ensayo de carga - deformación (Valor k).
- ✓ Penetración dinámica con cono.
- ✓ Módulo de resiliencia (Mr) para pavimentos flexibles.
- ✓ Ensayo triaxial.

Método del Valor Soporte California (CBR, AASHTO T 193, ASTM D 1883, MTC E 132)

La prueba de valor de soporte California (CBR) es una prueba de resistencia simple que compara la capacidad de carga de un material con la de una piedra triturada bien graduada (por lo tanto, un material de piedra triturada de alta calidad debe tener un CBR al 100%). Su objetivo principal es, entre otros, evaluar la resistencia de los materiales cohesivos que tienen un tamaño máximo de partículas inferior a 19 mm (0.75 in.) (AASHTO, 1993). Fue desarrollado por la División de Carreteras de California alrededor de 1930 y posteriormente fue adoptado por numerosos estados, condados, agencias federales de EE. UU. E internacionalmente. Como resultado, la mayoría de los laboratorios geotécnicos de agencias y comerciales en los Estados Unidos están equipados para realizar pruebas de RBC.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que, mediante la aplicación de este ensayo, se puede llegar a medir la resistencia que presenta un suelo, cuando se le somete a una penetración de un pistón de 3 plg². La MTC E 132 considera que el pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de 49.63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005”) de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4”).

Ecuación 1. CBR, California Bearing Ratio

$$CBR (\%) = \frac{\sigma_{0.1" \text{ suelo}}}{\sigma_{0.1" \text{ muestra patrón}}}$$

Donde:

$\sigma_{(0.1" \text{ suelo})}$: Presión necesaria para penetrar un material a 0.25 cm del suelo

$\sigma_{(0.1" \text{ muestra patrón})}$: Presión ejercida para llegar a penetrar a 0.25 cm de la muestra patrón

CBR de diseño

Según Calla (2015) menciona:

El criterio más difundido para la determinación del valor de resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, o el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento (p. 72).

Tabla 2.

Límite para obtener la resistencia (CBR de diseño).

Número de ejes de 8.2 tn en el carril de diseño	Valor Porcentil a seleccionar para hallar la resistencia (%)
$< 10^4$	60
$10^4 \text{ a } 10^6$	75
$> \text{de } 10^6$	87.5

Nota: Fuente: Montejo (como se citó en Calla, 2014).

Módulo de resiliencia (Mr)

El módulo de resiliencia se utiliza con la finalidad de poder representar los valores de las propiedades que tienen los suelos de la subrasante en el diseño de pavimentos flexibles. Herrera (2014) menciona: “Para definirlo, la guía recomienda realizar el ensayo AASHTO T274, sobre una muestra representativa, la cual estará sometida a una carga de duración definida bajo determinadas condiciones de esfuerzo y humedad” (p. 10).

En la (Figura 5) se puede apreciar como es el mecanismo por el cual la deformación permanente se va acumulando; cabe mencionar que en los ciclos intermedios la deformación permanente para cada ciclo disminuye, hasta que llega a un punto en donde desaparece en los ciclos finales.

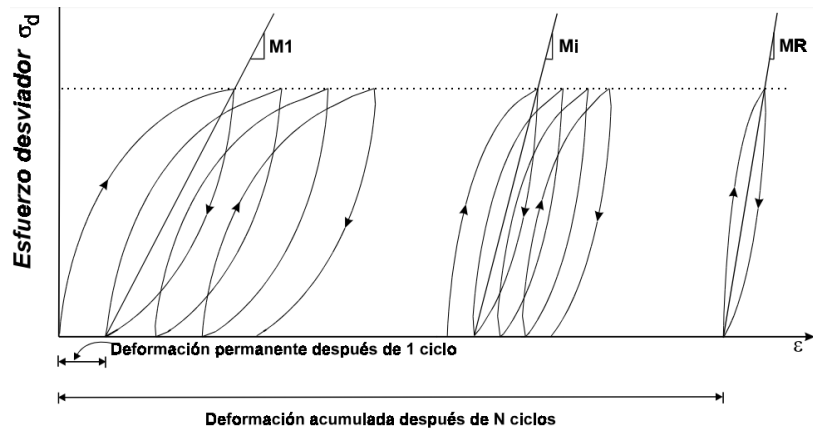


Figura 5. Mecanismo esfuerzo desviador vs deformación acumulada.

Nota: Fuente: (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2001)

Convenientemente se han reportado factores que pueden ser usados para estimar el módulo de resiliencia (M_r) con el CBR, el valor R y el índice de suelo. Se han dado correlaciones para encontrar el valor del módulo de resiliencia (M_r) como la siguiente relación:

Ecuación 2. Módulo resiliente con $CBR < 10\%$.

$$MR = 1500 * CBR$$

Es importante conocer los valores de CBR ya se entiende si nuestro valor de CBR es mayor al 10 % ya no se utiliza 1500, este valor varía entre 750 a 3000.

También se encuentra la correlación del valor R (Resistencia de Hveem) y el módulo de resiliencia la cual es:

Ecuación 3. Módulo resiliente con $R < 20\%$.

$$MR = A + B * R$$

De la misma forma que el anterior es importante conocer los valores de R ya se entiende si nuestro valor de R es menor que 20 el valor de A será 1000 y el valor de B será 555. Los valores de A varían entre 772 a 1155 y los valores de B varían entre 369 a 555.

Ecuación 4. Módulo de Resiliencia CBR MEPDG

$$M_r(ksi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Ecuación 5. Módulo de Resiliencia en función de (R).

$$M_r(ksi) = 1155 + 555 * R$$

Donde:

R = Valor de Resistencia HVEEN.

Ecuación 6. Módulo de Resiliencia en función a (ai).

$$M_r(psi) = 30000 * \left(\frac{a_i}{0.14}\right)^3$$

Donde:

ai = Coeficiente estructural de capa.

Tabla 3.

Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.

CBR % SUB RASANTE	MODULO RESILIENTE SUB RASANTE (Mr) (PSI)	MODULO RESILIENTE SUB RASANTE (Mr) (MPA)	CBR % SUB RASANTE	MODULO RESILIENTE SUB RASANTE (Mr) (PSI)	MODULO RESILIENTE SUB RASANTE (Mr) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,381.00	119.84
8	9,669.00	66.67	21	17,932.00	123.64
9	10,426.00	71.88	22	18,474.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,007.00	131.05
11	11,855.00	81.74	24	19,532.00	134.67
12	12,534.00	86.42	25	20,049.00	138.23
13	13,193.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,061.00	145.21
15	14,458.00	99.68	28	21,557.00	148.63
16	15,068.00	103.89	29	22,046.00	152.00
17	15,664.00	108.00	30	22,530.00	155.34
18	16,247.00	112.02			

Nota: Fuente: (MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

2.2.5 Método AASHTO – 1993.

2.2.5.1 Descripción general.

Los pavimentos flexibles se llaman así porque la estructura total del pavimento se desvía, o flexiona, bajo carga. Una estructura de pavimento flexible está compuesta típicamente de varias capas de materiales. Cada capa recibe cargas de la capa anterior, las distribuye y pasa estas cargas a la siguiente capa a continuación. Por lo tanto, se reducen las tensiones, que son máximas en la capa superior y mínimas en la parte superior de la subrasante. Con el fin de aprovechar al máximo esta propiedad, las capas se organizan generalmente en el orden de capacidad de soporte de carga descendente con el material de mayor capacidad de soporte de carga en la parte superior y el material de capacidad de soporte de carga más bajo en el fondo.

La Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento (AASHTO, 1993) es el documento principal utilizado para diseñar pavimentos de carreteras nuevos y rehabilitados. Aproximadamente el 80% de todos los estados utilizan los procedimientos de diseño de pavimentos AASHTO, y la mayoría utiliza la versión 1993. Los primeros métodos que se aplicaron para un diseño de pavimento eran desde 1990, ellos hacían su diseño de pavimento de acuerdo a la experiencia además también al criterio del ingeniero en ese entender los pavimentos algunos eran buenos y algunos eran malos. Hoy en día esta costumbre y metodología de diseño no ha cambiado por completo por el hecho de que los datos de entrada solamente se extrapolan o interpolan de acuerdo a la zona sin embargo a pesar de que sea la misma condición climática o condición del sub suelo, tienen diferentes reacciones a cada acción y magnitud.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que:

Los métodos de diseño de la Asociación de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte por sus siglas en inglés (AASHTO) se basan en prácticas, investigaciones, resultados y conclusiones obtenidos de ensayos de los experimentos viales de la Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras (AASHO) en Estados Unidos de América. AASHTO se volvió el punto de partida, para la práctica del diseño de pavimentos, con el surgimiento de ecuaciones empíricas que sirvieron de base para el diseño de pavimentos tanto flexibles como rígidos (p. 30).

La metodología AASHTO 1993, espera como resultado de un pavimento recién construido un alto nivel de servicio, sin embargo, a medida que el tiempo transcurre y a medida del servicio del pavimento, el nivel de servicio va disminuyendo, por tal motivo este método ha establecido valores de serviciabilidad final, donde esta se debe alcanzar al final del periodo de diseño, en ese entender esta metodología introduce algunos cambios con una visión mecanicista los cuales se fundamentan en conceptos exclusivamente de falla funcional, donde para describir es necesario entender los siguientes conceptos.

- ✓ Serviciabilidad.
- ✓ Comportamiento.
- ✓ Factor de confiabilidad.
- ✓ Relación de soporte CBR.
- ✓ Módulo resiliente.
- ✓ Drenaje
- ✓ Características ambientales.

Ecuación 7. Ecuación General del método AASHTO 93.

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

W18 = Trafico

Zr = Desviación estándar normal.

So = Error estándar combinado de la predicción del tráfico.

ΔPSI = Diferencia de serviciabilidad.

Mr = Modulo resiliente.

SN = Numero estructural indicativo del espesor total del pavimento.

2.2.5.2 Variables de diseño.

2.2.5.2.1 Variable en función al tiempo.

El método AASHTO 1993, introduce el concepto de periodo de diseño, el cual consiste en el tiempo total para el cual se diseña un pavimento, es decir el tiempo que

transcurre desde la construcción del pavimento hasta cuando este alcance el nivel bajo o límite de serviciabilidad.

A. Periodo de diseño.

Básicamente es el tiempo elegido para ser diseñado un pavimento, esto dependerá del tipo de carretera, sus condiciones que presenta actualmente y una vista a como se comportará durante el pasar de los años.

Tabla 4.
Periodo de diseño en función al tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30 - 50
Interurbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 - 20

Nota: Fuente AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

2.2.5.2.2 Variable en función al tránsito.

Para un diseño de pavimento es importante conocer la cantidad de vehículos que circulan en un determinado lugar, hoy en día la cantidad de automóviles ha llamado mucho la atención por el hecho de la diversidad de tamaño y peso el cual afecta significativamente el comportamiento del pavimento en ese entender la guía del AASHTO 1993 manifiesta que la transformación del número equivalente de ejes de distinta naturaleza y peso en ESAL's es una tarea compleja. Es necesario fijar adecuadamente el concepto de que el tipo de eje y su peso es más importante que el peso del vehículo en lo que respecta al comportamiento del pavimento.

Es importante determinar el volumen de transito semanal y el transito diario semanal, para este caso la guía AASHTO-1993 ha plantado ecuaciones donde estas nos permiten determinar el índice medio diario anual (IMDA) el cual es importante para determinar ejes equivalentes.

Ecuación 8. Volumen de transito semanal (TS)

$$TS = \sum T(L - D)$$

Ecuación 9. Transito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

A. Consideraciones para el cálculo de ejes equivalentes.

Según AASHTO 1993, plantea que las diferentes cargas actuantes sobre un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo. Además, diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales responden de diferente manera a una misma carga. Debido a esta diferente respuesta en el pavimento, las fallas serán distintas según la intensidad de la carga y las características del pavimento.

En la guía del AASHTO 1993 manifiesta que el concepto de convertir un tránsito mixto en un número de ESAL's de 80 KN fue desarrollado en el Road Test de la AASHO, en este ensayo se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas para analizar el daño producido. Así el factor equivalente de carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una dada carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.

Según AASHTO 93 el Factor Equivalente de Carga (LEF), es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI) causada por la carga de un tipo de eje de 80 kN y la pérdida de serviciabilidad producida por un eje estándar en el mismo eje.

Ecuación 10. Factor equivalente de carga (LEF)

$$LEF = \frac{\text{Nº de ESALs de 80 KN que producen una perdida de serviciabilidad}}{\text{Nº de ejes de 80 KN que producen la misma perdida de serviciabilidad}}$$

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que el valor con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento es el Índice de Serviciabilidad; actualmente para realizar la medición de este deterioro se utiliza el IRI, Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index), este mide los altibajos y los suma, por lo que al final se obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (plg/milla). La correlación del Índice de Serviciabilidad y el IRI, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Índice de serviciabilidad inicial

$$PSI = 5xe(-0.004 * IRI)$$

B. Determinación de los ejes equivalentes.

Según García, Gutiérrez y Hernández (2014) afirma: “para realizar la determinación y cálculo de los ejes equivalentes se requiere el uso de factores camión para cada clase particular de vehículo, principalmente para camiones pesados. Esto debe hacerse usando los pesos límites de cada vehículo” (p. 36).

Por otro lado, también se debe tener en cuenta la tasa anual de crecimiento vehicular, el cual se usará en el periodo de diseño del pavimento, este valor varía de acuerdo al tipo de vehículo.

Para el cálculo de los ESAL's de diseño, se necesita conocer los siguientes.

- ✓ Índice Medio diario Anual (IMDA).
- ✓ Tasa de crecimiento vehicular (Tn).
- ✓ Periodo de Diseño (n).
- ✓ Índice Medio diario (IMD)
- ✓ Factor de sentido (FS)
- ✓ Factor carril (FC).
- ✓ Factor camión (FEE)
- ✓ Factor presión de neumático (FP)
- ✓ Factor de vehículo pesado (Fvp)
- ✓ Número de días en un año (N)
- ✓ Factor de Crecimiento Anual (FCA)
- ✓ $N^{\circ} Rep. EE$

Ecuación 12. Ejes equivalentes (ESAL's)

$$N^{\circ} Rep. EE = IMD * FS * FC * FEE * FP * Fvp * N * FCA$$

C. Cálculo de la tasa de crecimiento y proyección.

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular se puede aplicar la siguiente ecuación simplificada.

Ecuación 13. Tasa de crecimiento vehicular

$$Tn = To * (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

To = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

D. Factor de crecimiento anual.

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

Tabla 5.
Tasa de crecimiento anual.

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL	
Caso	Tasa de crecimiento
Vías completamente saturadas	0 % a 1 %
Crecimiento normal	1 % a 3 %
Trafico inducido	4 % a 5 %
Alto crecimiento	> a 5 %

Nota, Fuente, INEI.

Ecuación 14. Factor de crecimiento anual.

$$FCA = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Tasa anual de crecimiento.

n: Periodo de diseño.

Tabla 6.

Factor de crecimiento acumulado para el cálculo de número de repeticiones de EE.

Periodo de análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	26.7	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Nota: Fuente, Manual AASHTO 1993.

E. Número de repeticiones de ejes equivalentes.

Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.



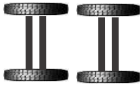
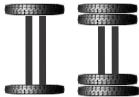

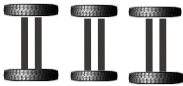


CODIFICACIÓN DE EJES		
Código	Descripción Grafica de Ejes	Descripción
1S		Eje simple de rueda simple
1D		Eje simple de rueda doble
2S		Eje doble de rueda simple
1S+1D		Eje doble de rueda simple + rueda doble
2D		Eje doble de rueda doble
3S		Eje triple de rueda simple
1S+2D		Eje tripe rueda simple + rueda doble
3D		Eje triple rueda doble

Figura 6. Configuración de ejes.

Nota: Fuente, elaboración propia de acuerdo a la guía AASHTO 93.

















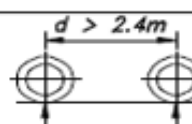
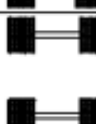
Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	N° de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	1RS+1RD		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		08		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2RD		10		23
Triple	3RD		12		25
Doble Separado	1RD+1RD		08		11+11

Figura 7. Peso máximo por eje simple o conjunto de ejes permitido a los vehículos.
Nota: Fuente: Manual AASHTO 1993.

Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularán por el carril de diseño, durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponderá al carril identificado como el más cargado de la carretera y el resultado de este cálculo será adoptado para todos los carriles de la sección vial típica de esa carretera, por tramos de demanda homogénea además para definir la demanda sobre el carril de diseño se analizará el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada. (AASHTO, 1993, p. 73)

El factor vehículo pesado (Fvp), es definido como numero de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión) y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total de vehículo pesado seleccionado.

Tabla 7.
Factor vehículo pesado.

Rango de cargas por eje (Toneladas)	Cantidad de ejes pesados en balanza para 165 vehículos pesados	Factor de equivalencia por eje (EE por eje)	Ejes equivalentes
Eje simple			
< 1.4	0	0.0002	0.00
1.4 - 3.2	1	0.0050	0.01
3.2 - 3.6	6	0.0320	0.19
3.6 - 5.4	144	0.0870	12.53
5.4 - 7.3	16	0.3600	5.76
7.3 - 13.6	1	5.3890	5.39
Eje tandem			
< 2.7	0	0.010	0.00
2.7 - 5.4	14	0.010	0.14
5.4 - 8.2	21	0.044	0.92
8.2 - 10.9	44	0.148	6.51
10.9 - 11.8	42	0.426	17.89
13.6 - 14.5	44	0.753	33.13
14.5 - 14.8	21	0.885	18.59
14.8 - 15.4	101	1.002	101.20
15.4 - 16.3	43	1.230	52.89
Sumatoria EE			255.15

Nota: Fuente, Manual AASHTO 1993.

F. Cálculo factor camión.

Según AASHTO (1993) El LEF da una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero también es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para determinar el daño producido por el vehículo total. Así nace el concepto de Factor de Camión (FC) que se define como el número de ESAL's por vehículo.

Tabla 8.
Ecuaciones de relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE).

Tipo de eje	Eje Equivalente (EE8.2tn)
Eje simple de ruedas simples (EEs1)	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EEs2)	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje tandem (1 eje ruedas dobles + eje rueda simple) (EETA1)	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje tandem (2 eje ruedas dobles) (EETA2)	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Eje tridem (3 ejes ruedas dobles) (EETR2)	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Nota: Fuente: Elaboración propia, en base a correlación con los valores de las tablas del apéndice D de la guía AASHTO 1993.

En la (Tabla 9) se muestra un ejemplo de cómo podría calcularse el factor camión, esto dependiendo de la configuración del tipo de vehículo, para lo cual se emplean las ecuaciones citadas anteriormente.

Tabla 9.
Factor camión.

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C4								13.20
		E1	E2	E3	E4			
$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$		$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)								
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tridem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	2 Rueda Doble + 1 Rueda Simple						Total Factor C4
Peso Factor E.E.								X

Nota: Fuente, elaboración propia en base a correlación con los valores de las tablas del apéndice D de la guía AASHTO 1993.

En el diseño para los pavimentos flexibles y semirrígidos tomará en cuenta, para el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible o semirrígido. Para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor de ajuste por presión de neumáticos será igual 1.0.

Tabla 10.
Factor presión de neumático.

FACTOR DE AJUSTE POR PRESION DE NEUMATICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES							
espesor de capa de rodadura	presión del contacto de neumático (PCN) en psi						
	PCN = 0.90*(presión de inflado de neumático) (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1	1.3	1.8	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1	1.3	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.2
90	1	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1	1.19	1.38	1.59	1.8	2.02	2.25
130	1	1.17	1.34	1.52	1.7	1.89	2.09
140	1	1.15	1.3	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46

Nota: Fuente, Manual AASHTO 1993.

G. Número de ejes equivalentes.

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

Ecuación 15. Número de ejes equivalentes

$$NREP \text{ de EE } 8.2 \text{ tn} = \sum (EE_{dia} - carril * Fca * 365)$$

H. Factor de dirección por distribución.

Según la guía AASHTO 1993 es el factor del total del flujo vehicular contados, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en la otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Lo más importante de esto, será la diferencia de peso entre los vehículos que van en una y en otra dirección; como puede suceder por la cercanía de una fábrica, puerto, etc.

Tabla 11.
Factor de sentido (FS).

FACTOR DE SENTIDO (FS).	
Circulación	Factor
Un sentido	1.0
Doble sentido	0.5

Nota: Fuente, Manual AASHTO 1993.

I. Factor de distribución por carril.

Este se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril (García, Gutiérrez y Hernández, 2014, p. 41).

Tabla 12.
Factor carril (FC).

FACTOR CARRIL (FC).			
Nº Carril	Factor Carril		
1	1.00		
2	0.80	a	1.00
3	0.60	a	0.80
4	0.50	a	0.75

Nota: Fuente, Manual AASHTO 1993.

J. Índice medio diario anual (IMDA).

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.

Ecuación 16. Desviación estándar muestral (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}} \text{ Veh. Mixt/Dia}$$

Donde:

Tdi = Transito diario de lunes a domingo de los 7 días

TPDS = Transito Promedio Diario Semanal

n = Numero de días de la semana

Ecuación 17. Desviación estándar poblacional (σ)

$$\sigma = \frac{S}{(n)^{1/2}} \left[\frac{N-n}{N-1} \right]^{1/2} \text{ Veh. Mixt/Dia}$$

Donde:

S = Desviación estándar muestral

N = Numero de días del año

n = Numero de días de la semana

Ecuación 18. Índice medio diario anual (IMDA)

$$IMDA = TDPS \pm K * \sigma$$

2.2.5.2.3 Confiabilidad.

Según AASHTO (1993) una forma de definir la confiabilidad es como “la probabilidad de que el número de repeticiones carga realmente aplicadas sobre el pavimento, no excedan el número de repeticiones de carga que puede soportar hasta alcanzar un nivel mínimo de serviciabilidad especificada”.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que:

La confiabilidad (R) ha sido incorporada con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que los pavimentos construidos de la “misma forma” presenten comportamientos de deterioro diferentes. La confiabilidad se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar y es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medioambiente dentro de dicho período. En cierta manera la confiabilidad es un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo este un concepto estadístico que considera una distribución normal de las variables involucradas (p. 41).

Según Moreno (2014) menciona de acuerdo a la definición del AASHTO-1993, para determinar el nivel de confiabilidad en un diseño de pavimento es importante tener en cuenta las siguientes definiciones:

- ✓ Tránsito real del periodo de diseño (NT): Es el tránsito que realmente pasará por el pavimento y cuyo índice de serviciabilidad (PSI) se extenderá más allá de la serviciabilidad final (Pf)
- ✓ Predicción del tránsito del periodo de diseño (wT): Corresponde a la predicción de NT, definido mediante datos de tránsito, carga y factores de equivalencia.
- ✓ Desempeño real del pavimento durante el periodo de diseño (Nt): Puede calcularse como el área entre la curva de serviciabilidad hasta el eje ordenado que corresponde a la serviciabilidad final especificada o como el número de ejes equivalentes que fueron realmente resistidos por el pavimento hasta alcanzar el valor de serviciabilidad final especificada.

Tabla 13.

Nivel de confiabilidad para un periodo de diseño de 20 años según rango de tráfico.

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (20 años) según rango de tráfico				
Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad
Caminos de Bajo Volumen de tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%
	TP10	10,000,001	12,500,000	90%
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%
	TP12	15,000,001	20,000,000	95%
	TP13	20,000,001	25,000,000	95%
	TP14	25,000,001	30,000,000	95%
	TP15	> 30,000,000		95%

Nota: Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93.

2.2.5.2.4 *Serviciabilidad.*

Huang, (como se citó en Moreno, 2014) la serviciabilidad se define como la capacidad que tiene una sección específica de pavimento de soportar el tránsito vehicular bajo el estado o condición real, es una medida de la calidad del servicio que ofrece un pavimento. Fue producto de la prueba AASHO que posteriormente se incluiría al procedimiento de diseño del método AASHTO-93.

En la (Figura 8) representa la forma general de un gráfico de serviciabilidad, en el que se indica la forma como el pavimento pierde confort a medida que pasan las cargas vehiculares.

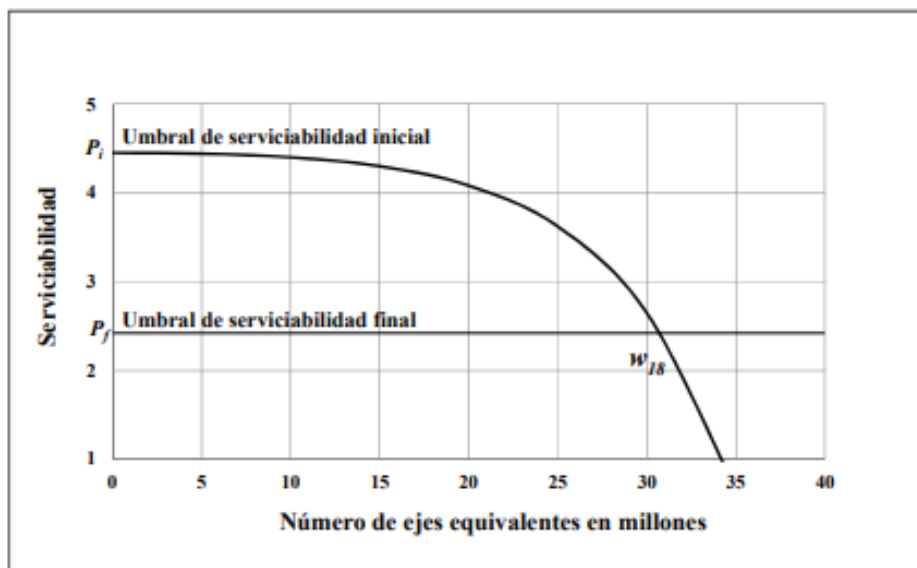


Figura 8. Concepto de serviciabilidad en el método de diseño AASHTO-93.

Nota: Fuente, guía AASHTO 1993.

Según la guía AASHTO-1993, la serviciabilidad se caracteriza en una escala de 0 a 5; donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente. AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento. La medida fundamental de la serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHO.

El método AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (P_0) e índice de servicio final (P_f). En la ecuación de AASHTO 93 se ingresa la variación entre ambos índices ($\Delta\psi$) para el cálculo de espesores.

Tabla 14.
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico.

Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico				
Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de Serviciabilidad Inicial (PI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.00
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.20
	TP15	> 30,000,000		4.20

Nota: Fuente, elaboración propia en base a datos de la Guía AASHTO 93.

Por otra parte, el índice de serviciabilidad final, es el menor índice que será tolerado antes de realizar una rehabilitación, recapado o reconstrucción de la estructura. La guía de diseño recomienda un índice de serviciabilidad final de 2,5 para carreteras con alto volumen de tránsito y de 2,0 para carreteras con bajo volumen de tránsito para pavimentos flexibles (AASHTO, 1993).

García, Gutiérrez y Hernández (2014) manifiestan que:

El Índice de Serviciabilidad Final (Pf), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario, este es el valor más bajo que puede ser tolerado antes de que sea necesario tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente estos valores varían con la importancia o clasificación funcional de la vía, observar las siguientes tablas (p. 44).

Tabla 15.

Índice de Serviabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico.

Índice de Serviabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico				
Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de Serviabilidad Inicial (PI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.00
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	2.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001	25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001	30,000,000	3.00
	TP15	> 30,000,000		3.00

Nota: Fuente, elaboración propia en base a datos de la Guía AASHTO 93.

2.2.5.2.5 Desviación estándar.

Según García, Gutiérrez y Hernández (2014) desviación estándar del sistema, es función de las posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de toda su vida de servicio. Este valor acota la variabilidad de todos estos factores dentro de unos límites permisibles, con el fin de asegurar que la estructura del pavimento se comporte adecuadamente durante todo su período de diseño.

La Guía AASTHO 93 nos proporciona las siguientes tablas para poder determinar Z_r en función a la confiabilidad en un principio de diseño de pavimento flexible.

Tabla 16.
Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años.

Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico.				
Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes Equivalentes acumulados		Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de tránsito	TP0	100,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	TP15	> 30,000,000		-1.645

Nota: Fuente, elaboración propia en base a datos de la Guía AASHTO 93.

Según AASHTO-1993, el valor de error estándar (So) para pavimentos flexibles se adopta generalmente 0.45, en la Tabla 17 se puede observar el criterio para determinar un valor de desviación estándar total.

Tabla 17.
Criterio para la selección del error estándar (So).

Criterio para la selección de la Desviación estándar total (So)			
0.30	-	0.40	Pavimentos rígidos
0.40	-	0.50	Pavimentos flexibles

Nota: Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93.

2.2.5.2.6 *Coeficiente de Drenaje.*

Este factor debería ser considerado muy importante al momento de realizar el diseño de cualquier tipo de carretera, en vista que, al combinarse un exceso de agua sobre el pavimento combinado con un incremento de volúmenes de tránsito y cargas, estas ocasionan daños a la estructura del pavimento. La presencia del agua va penetrándose dentro de la estructura del pavimento por diversos medios como sería el caso de las juntas (siendo un pavimento rígido), grietas o por infiltración hacia las diversas capas que conforman el pavimento, o también ocasionado por corrientes subterráneas de algún acuífero interrumpido, elevándose el nivel freático.

Muchas veces en la etapa preliminar de todo proyecto no se toma en cuenta el nivel freático por lo que este podría ser un enemigo fatal de todo el paquete estructural del pavimento.

El coeficiente de drenaje depende de diversos factores tales como el clima de la zona, de la calidad del drenaje, del tiempo de saturación entre otros.

A. Influencia del agua sobre los pavimentos.

El agua es uno de los principales enemigos para una estructura de pavimento, y mientras esta se encuentra atrapada dentro de dicha estructura, en la parte superior provocara los siguientes efectos:

- a) Reduce la capacidad de resistencia de todo material granular presente en la conformación del paquete estructural.
- b) Disminuye la resistencia al corte del suelo de la subrasante cuando se encuentre saturada y permanezca en estas condiciones por periodos duraderos.
- c) Lava los finos de los agregados de las capas conformantes (base granular, subbase granular), que se encuentran por debajo del pavimento flexible, provocando así el efecto de erosión.
- d) Se hace presencia los desniveles provocado por el desplazamiento vertical dado por el hinchamiento del material predominante derivada por la expansión y contracción debida al congelamiento de los suelos.

B. Solución a los problemas de humedad en pavimentos.

AASHTO (1993) afirma que:

- a) Se deberá sellar por completo el pavimento evitando que el agua pueda ingresar a las distintas capas por lo que se debe:
 - ✓ Usar materiales apropiados.
 - ✓ Diseñar pavimentos con membranas impermeables.
 - ✓ Usar capas de rodamiento, bases, subbases y bermas impermeables.
 - ✓ Instalar drenes interceptores para evitar la entrada de agua al paquete estructural (p. 138).
- b) Usar materiales que sean insensibles a la humedad y que no provoquen daños relacionados con la humedad. Para ello se debe:
 - ✓ Usar materiales estabilizados para capas granulares (estabilización con cemento o productos bituminosos).
 - ✓ Seleccionar materiales granulares con bajo contenido de finos y baja plasticidad que puedan resistir los efectos de la humedad.

Para diseñar un pavimento que se encuentre fuera de los problemas que la aquejan se deberá tomar muy en cuenta la colocación de componentes drenantes ya que en la etapa de construcción un pavimento nunca terminara sellándose por completo por lo que el drenante cumplirá la función de evacuar el agua que está dentro del pavimento, y de esta forma se podría contrarrestar a la humedad que más adelante podría ocasionar daños citados anteriormente.

C. Consideraciones de drenaje en el diseño de pavimentos.

Herrera (2014) menciona: “Representa la incidencia entre la calidad del drenaje en la vía y el porcentaje del tiempo durante el período de diseño; que las capas granulares estén expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación” (p. 46).

Tuni (2007) afirma: “El objeto de evaluar el análisis del drenaje en el diseño de pavimentos, es de eliminar la posibilidad de la reducción de la vida útil de pavimento por el efecto que produce el agua al presentarse dentro del paquete estructural” (p. 47).

En la Tabla 18 se puede apreciar la “Calidad del drenaje” se muestra los valores recomendados según la guía de diseño AASHTO 93 para modificar los coeficientes de capas de base y sub base granular.

Tabla 18.
Calidad del drenaje.

Calidad del Drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	El agua no evacua

Nota: Fuente, elaboración propia en base a datos de la Guía AASHTO 93.

D. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx).

La calidad del drenaje está tomada en cuenta en la ecuación del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje (mx), que toma en cuenta las capas no ligadas.

Tabla 19.
Coeficiente de drenaje (mx) para Bases y Subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.

Calidad del Drenaje	P=% del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Nota: Fuente, elaboración propia en base a datos de la Guía AASHTO 93.

Para las condiciones propias de la zona, donde las precipitaciones ocurren en ciertos meses de manera poco intensa, salvo en eventos como el Fenómenos del Niño; y además, teniendo en cuenta que parte de la vía se encuentra en zonas de cultivo, en donde hay épocas en las que los suelos están expuestos a saturación incluso llegando al nivel de corona, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación está en el orden de 5-25% (Herrera, 2014, p. 47).

2.2.5.2.7 Coeficientes estructurales de capa.

Los coeficientes de aporte estructural de capa fueron estimados a través de correlaciones presentadas en la guía de diseño como se aprecia en las figuras a, b, c, y también mediante las ecuaciones indicadas:

Ecuación 19. Coeficientes estructurales de capa

$$a_2 = 0.249 * (\log_{10}(E_{BG})) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227 * (\log_{10}(E_{SBG})) - 0.839$$

Donde:

E_{BG} : Módulo resiliente de la base granular

E_{SBG} : Módulo resiliente de la sub base granular

García, Gutiérrez, y Hernández (2014) afirma: “Para encontrar los valores de los coeficientes estructurales de capa (a_x), se utiliza las figuras siguientes la cuales se encuentran en función del módulo elástico del concreto asfáltico y los módulos de resiliencia de la base y la subbase” (p. 58).

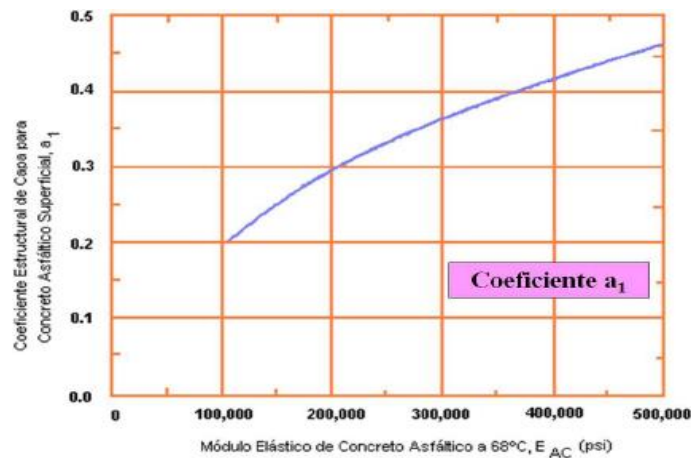


Figura 9. Coeficiente para la carpeta asfáltica (a_1).

Nota: Fuente (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93)

García, Gutiérrez, y Hernández (2014) Para obtener el valor del coeficiente estructural de capa (a_2) de la base, se hace empleo de la figura 3, en la línea vertical del lado derecho se intercepta el valor conocido que puede ser CBR, Valor R, Triaxial Texas o Modulo de la capa, luego horizontalmente se traza una línea hasta encontrar la línea vertical del extremo izquierdo e interceptar el valor de a_2 (p. 59).

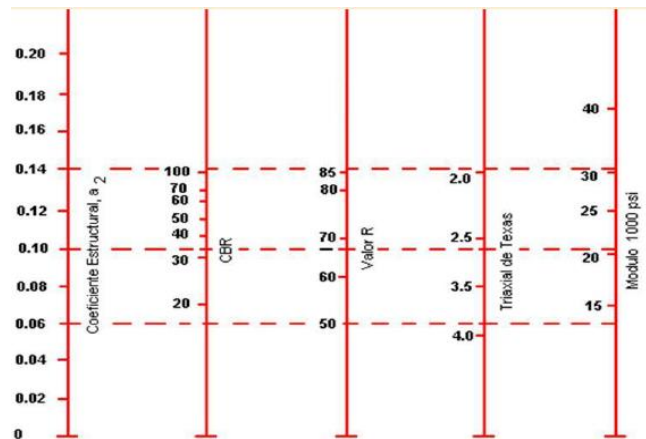


Figura 10. Coeficiente para la base granular (a2).

Nota: Fuente (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93)

García, Gutiérrez y Hernández (2014) Para encontrar el valor del coeficiente de capa (a3) en la subbase se utiliza la figura 4; la línea vertical del lado extremo derecho se intercepta el valor conocido, luego horizontalmente se traza una línea hasta encontrar la línea vertical del extremo izquierdo, lo cual intercepta el valor de a3 (p. 61).

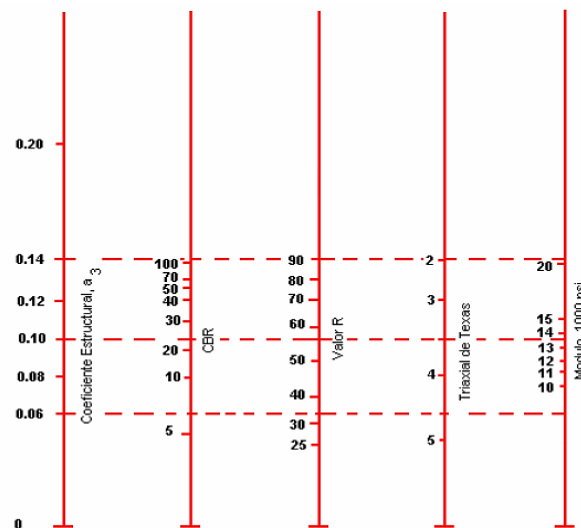


Figura 11. Coeficiente para la sub base granular (a3).

Nota: Fuente (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93).

2.2.5.3 Determinación de espesores.

Para realizar en cálculo para la obtención de resultados se tomará en cuenta los parámetros de diseño ya mencionados anteriormente, empleándose la ecuación de diseño se obtendrá el número estructural (SN) y en función al mismo factor de definirán los diferentes espesores de las capas que conformarán dicho pavimento.

2.2.5.3.1 Determinación del número estructural requerido.

En la (Figura 12) se presenta el nomograma por donde se obtendrá el valor del número estructural. Los factores que intervienen para determinar el número estructural requerido son las siguientes:

- ✓ Cantidad de ejes equivalentes (ESAL) de diseño, W18 por carril, para cierto período de diseño.
- ✓ Confiabilidad (R).
- ✓ Error estándar (So) se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:
Para pavimentos flexibles 0.40-0.50 (Ver sección **2.2.5.2.5** Tabla 17)
Para pavimentos rígidos 0.35-0.40 (Ver sección **2.2.5.2.5** Tabla 17)
- ✓ Módulo resiliente de la subrasante (Mr).
- ✓ Índices de serviciabilidad

SOLUCION DEL NOMOGRAMA

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_o + 5.36 + \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R \approx 8.07$$

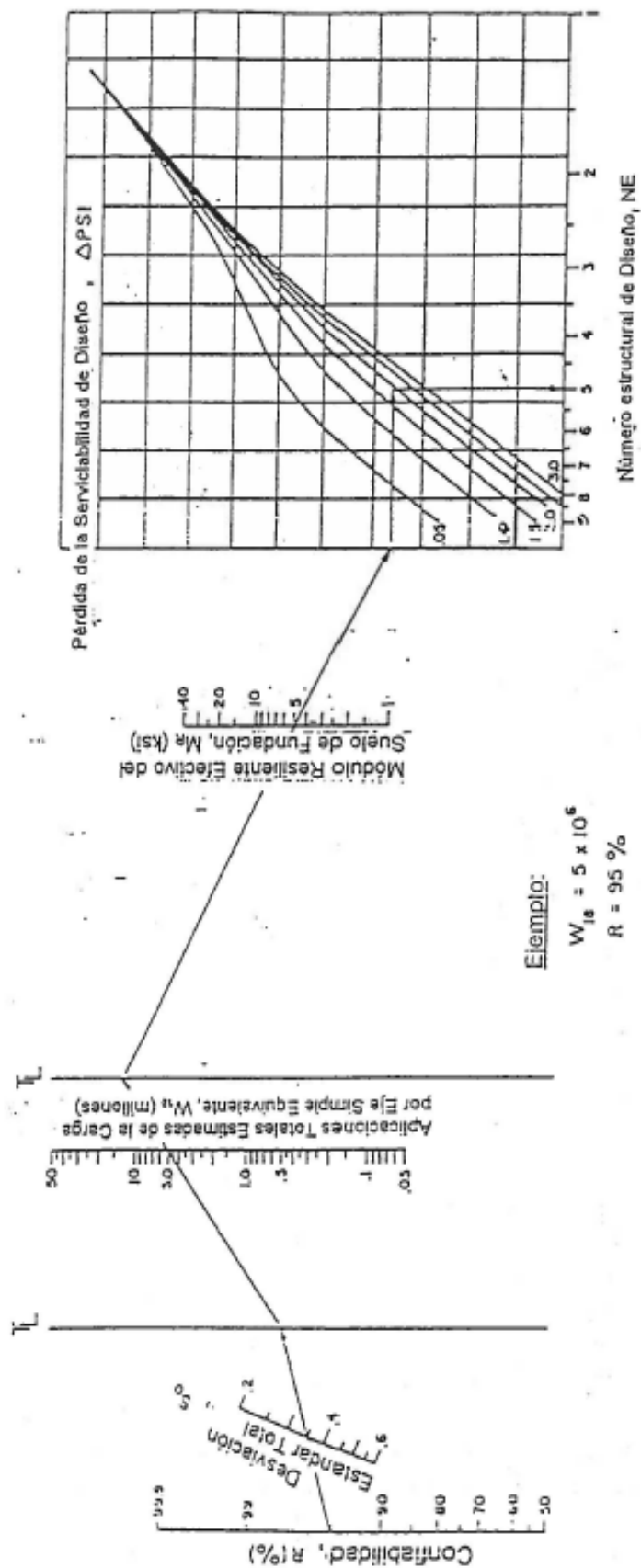


Figura 3.1. Carta de Diseño para Pavimentos Flexibles, Basada en el Uso de Valores Medios para cada Ingreso de datos.

Figura 12. Nomograma utilizado para la obtención del número Estructural (SN).
Nota: Fuente (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93).

Para emplear el nomograma de la Figura 12, esta se condiciona a determinados intervalos que son parte del diseño de un pavimento, haciendo una serie de secuencias con los valores de confiabilidad, desviación estándar, la cantidad de ejes equivalentes (ESAL), módulo resiliente, y por último la pérdida de serviciabilidad; se obtendrá el número estructural (SN), el cual representa al valor que es necesario para cumplir con las condiciones específicas que conforman el pavimento.

En la siguiente ecuación se muestra como el número estructural (SN) se relaciona con los espesores de cada capa de la estructura de pavimento:

Ecuación 20. Número estructural

$$SN = a_1 x D_1 + a_2 x m_2 x D_2 + a_3 x m_3 x D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : coeficientes estructurales de capa, de la carpeta asfáltica, base y subbase. (Ver sección **2.2.5.2.7**)

m_2, m_3 : coeficiente de drenaje de la capa. (Ver sección **2.2.5.2.6.4**)

D_1, D_2, D_3 : espesores de capa de la carpeta asfáltica, base y subbase.

2.2.5.3.2 Estabilidad y factibilidad de la construcción.

García, Gutiérrez y Hernández (2014) refiere que para el diseño de pavimentos no se debería de optar por colocar capas cuyos espesores sean menores a los espesores mínimos requeridos por la guía AASHTO 93, esto según el tipo de tráfico que se tiene, ya que al colocar espesores mayores a los mínimos estas serán más estables. Usualmente se colocan capas con un valor mayor, con la finalidad de mantener la estructura de pavimento en sus óptimas condiciones.

En la Tabla 20, se especifica los espesores mínimos sugeridos por la guía AASHTO 93, para capas asfálticas y base granular, en función al tipo de tráfico.

Tabla 20.

Espesores mínimos de capa superficial y base granular.

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Base Granular
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm, ó Micropavimento: 25 mm	150 mm
				Carpeta Asfáltica en frío: 50 mm	
				Carpeta asfáltica en Caliente: 50 mm	
	TP2	300,001	500,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm, ó Micropavimento: 25 mm	150 mm
				Carpeta Asfáltica en frío: 60 mm	
				Carpeta asfáltica en Caliente: 60 mm	
	TP3	500,001	750,000	Micropavimento: 25 mm	150 mm
				Carpeta Asfáltica en frío: 60 mm	
				Carpeta asfáltica en Caliente: 70 mm	
	TP4	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25 mm	200 mm
				Carpeta Asfáltica en frío: 70 mm	
				Carpeta asfáltica en Caliente: 80 mm	
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 80 mm	200 mm
	TP6	1,500,001	3,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 90 mm	200 mm
	TP7	3,000,001	5,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 90 mm	200 mm
	TP8	5,000,001	7,500,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 100 mm	250 mm
	TP9	7,500,001	10,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 110 mm	250 mm
	TP10	10,000,001	12,500,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 120 mm	250 mm
	TP11	12,500,001	15,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 130 mm	250 mm
	TP12	15,000,001	20,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 140 mm	250 mm
	TP13	20,000,001	25,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 150 mm	300 mm
	TP14	25,000,001	30,000,000	Carpeta asfáltica en Caliente: 150 mm	300 mm

Nota: Fuente (MTC Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

2.2.5.3.3 Espesores mínimos en función del SN.

Según García, Gutiérrez y Hernández (2014) afirma: “Las capas granulares no tratadas, deben de estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, las cuales pueden llegar a producir deformaciones permanentes” (p. 65).

Para determinar los espesores se deberá seguir lo siguiente proceso:

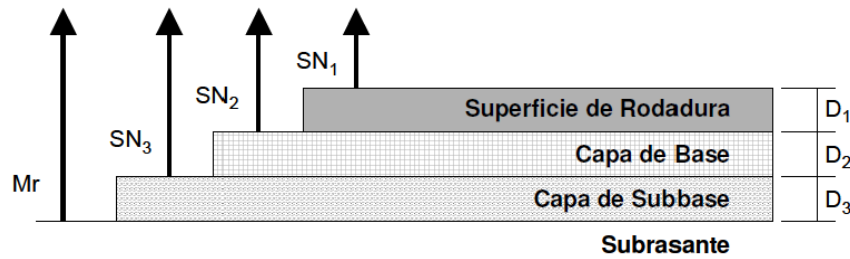


Figura 13. Representación del número estructural de capa (SN_x) y espesores (D_x).

Nota: Fuente (Guía para el diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 93)

Primeramente, los materiales se separan para cada capa: siendo este la conformación del paquete estructural carpeta asfáltica, base granular, sub base granular, de la misma forma se deberán conocer los valores de módulo de resiliente para cada material.

Mediante el uso del nomograma (ver Figura 12), se pueden determinar el número estructural requerido para realizar la protección de la capa no tratada. AASHTO (1993) menciona que se determinará reemplazando el módulo resiliente de la capa superior por el módulo resiliente de la capa que esta inmediatamente abajo, con el fin de determinar el espesor (D1) de la carpeta asfáltica suponiéndose un Mr igual al de la base y de esa forma se obtendrá el SN1 que deberá ser absorbido por la carpeta asfáltica.

Para el espesor D1 se aplicará la siguiente ecuación:

Según el nomograma de la Figura 12 se obtiene el valor del SN1 con relación al Mr, siendo el valor del espesor de esta capa D1:

Ecuación 21. Espesor de capa asfáltica D1

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

Por lo tanto, el número estructural SN1 absorbido por el concreto asfáltico será:

Ecuación 22. SN'1 absorbido por el concreto asfáltico

$$SN'_1 = a_1 D_1$$

AASHTO (1993) afirma: “Para la determinación del espesor mínimo de la capa base se entra al nomograma con el MR de subbase y entonces se obtiene el SN2 a ser absorbido por concreto asfáltico y base” (p. 176). Así:

Ecuación 23. Espesor de base D2

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 m_2}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor, D2 y el número estructural absorbido por la base será:

Ecuación 24. SN'2 absorbido por la base

$$SN'_2 = a_2 m_2 D_2$$

Por último, para la subbase se entra con el MR correspondiente a subrasante y se obtiene SN3 = SN para todo el paquete estructural ya calculado. En este caso el espesor es:

Ecuación 25. Espesor de base D3

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN'_1 + SN'_2)}{a_3 m_3}$$

Se adopta un espesor ligeramente mayor D3 y el número estructural absorbido por la sub base será:

Ecuación 26. SN'3 absorbido por la sub base

$$SN'_3 = a_3 m_3 D_3$$

Finalmente, para realizar la verificación se aplicará:

Ecuación 27. Verificación del número estructural

$$SN'_1 + SN'_2 + SN'_3 \geq SN$$

Mediante la aplicación de las ecuaciones citadas anteriormente se puede obtener espesores de las diferentes capas que conforman el paquete estructural. Rengifo (2014) afirma: “Teniendo en cuenta el aspecto económico se sabe que el concreto asfáltico cuesta más que el material granular, por lo que es conveniente aumentar el espesor de estas capas y reducir el de la carpeta” (p. 60).

AASHTO (1993) refiere que mediante este criterio sobre los números estructurales que serán absorbidos, cada capa del paquete estructural queda protegida de los esfuerzos a los cuales va a ser sometida.

2.2.6 Método Mecanístico Empírico – MEPDG.

2.2.6.1 Descripción general.

Según Arias y Sarmiento (2015), el método empírico-mecanístico se compone en dos partes. La primera implica el uso de modelos estructurales para determinar las tensiones, deformaciones y desplazamientos en la estructura de pavimento, y la segunda el uso de modelos empíricos para predecir el tipo y nivel de daños en diversos momentos. Es necesario advertir que este método se presenta como una Guía para el diseño y Rehabilitación de pavimentos y que además existe una correlación muy directa entre los materiales, el diseño estructural, el tránsito, el clima, la construcción y los sistemas de gestión, abarcando muchos más aspectos a considerar a comparación del diseño ASSHTO 93 presentados capítulos atrás. Al ser analizada toda la información en un computador se debe considerar que, siendo un modelo de regresión, puede no incluirse todos los factores que afectan al elemento de estudio.

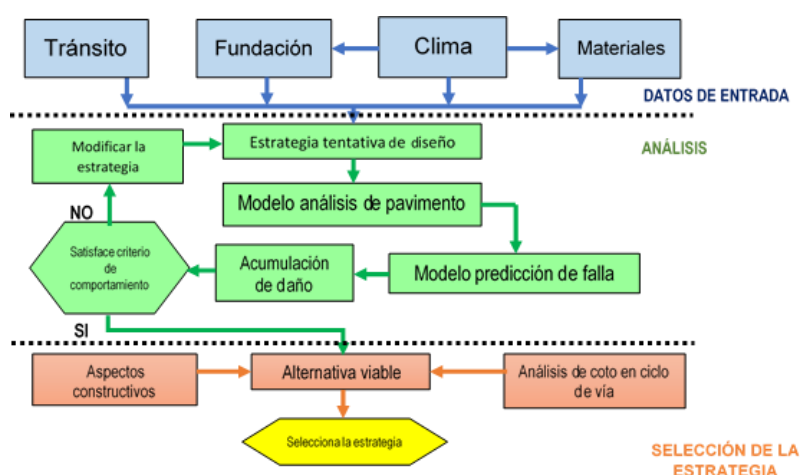


Figura 14. Metodología para el diseño de pavimentos según MEPDG.

Nota: Fuente, elaboración propia en función a (Vivanco 2016).

2.2.6.2 Variables de diseño.

2.2.6.2.1 Tráfico.

La metodología del MEPDG utiliza el concepto de espectros de carga para la caracterización de tráfico. Cada tipo de eje (simple, tandem o tridem) se divide en una serie de rangos de carga además la distribución de vehículos por clase, volumen de tráfico diario, y las distribuciones de peso por eje definen el número de repeticiones de cada grupo de la

carga por eje en cada nivel de carga. Las entradas de tráfico específicos consisten en los siguientes datos. (Vivanco, 2016, p. 35)

Según Vivanco (2016) considera los siguientes:

El volumen de tráfico - base de información del año:

- ✓ Tráfico promedio diario anual de camiones en ambos sentidos (AADTT)
- ✓ Número de carriles en la dirección de diseño
- ✓ Porcentaje de camiones en la dirección de diseño
- ✓ Porcentaje de camiones en el carril de diseño
- ✓ Velocidad de operación

Factores de ajuste de volumen de tráfico:

- ✓ Factor de Ajuste Mensual (FAM)
- ✓ Los factores de distribución de vehículos por clase
- ✓ Los factores de distribución horaria de camiones
- ✓ Factores de crecimiento de tráfico

Los factores de distribución de carga del eje

Entradas generales de tráfico:

- ✓ Número de ejes por camión
- ✓ Configuración del eje
- ✓ Distancia entre ejes
- ✓ Desviación del tráfico lateral

Según Vivanco (2016) manifiesta que el procedimiento de las actividades a realizar mostrado en un esquema para una correcta caracterización del tráfico es la que se puede apreciar en la Figura 16.

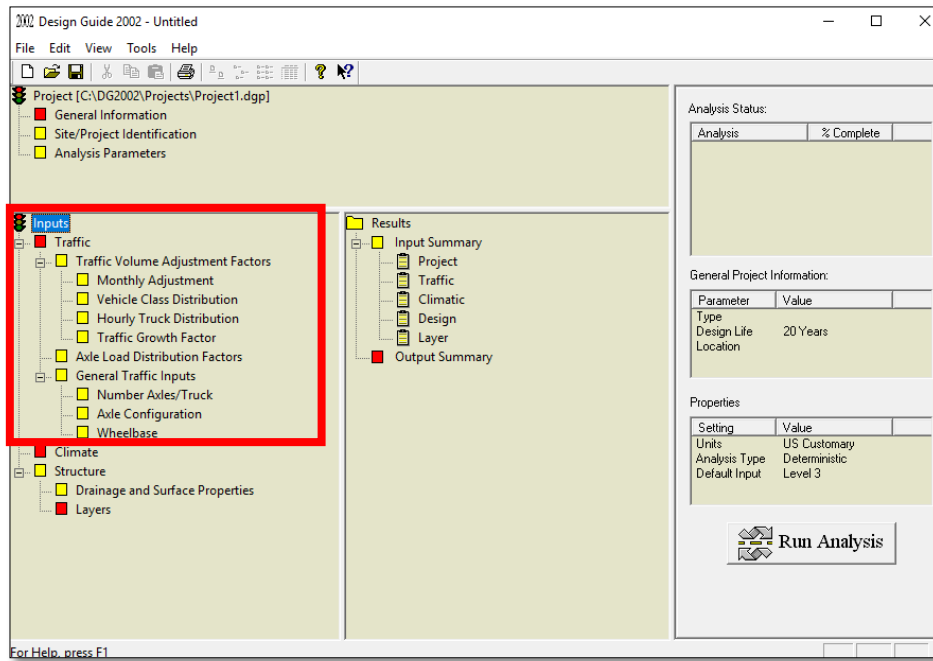


Figura 15. Primera variable en el software para el diseño de pavimento.

Los principales pasos son:

Paso 1: Evaluación de la información requerida

Paso 2: Recolección de datos

Paso 3: Generación de los espectros de carga y los otros parámetros de tráfico.

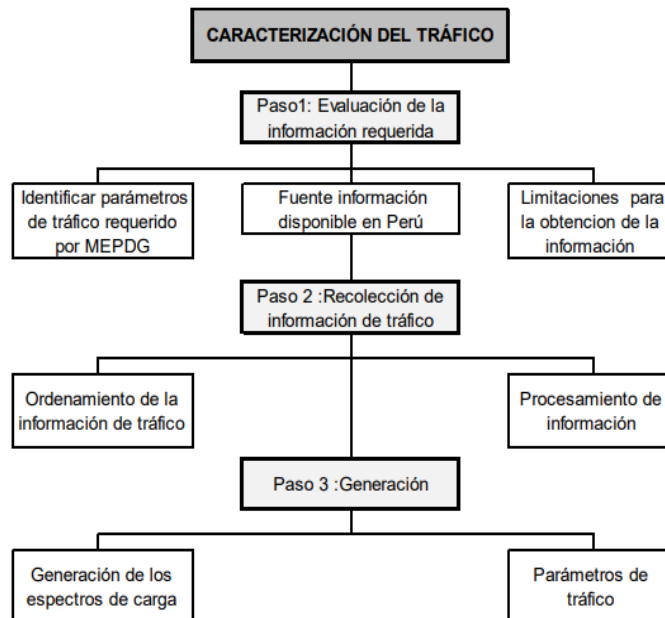


Figura 16. Caracterización de Tráfico.

Nota: Fuente: (Vivanco, 2016).

A. Parámetros requeridos por MEPDG.

Identificar los parámetros requeridos es muy importante, Vivanco (2016), afirma que: “Para poder obtener estos parámetros de tráfico se requieren datos WIM (pesaje en movimiento y datos AVC (clasificación automática de vehículos), que son datos de conteo vehicular” (p. 111).

Vivanco (2016) considera que los datos de tráfico necesarios para la obtención de cada parámetro de tráfico, se muestran en la (Tabla 21).

Tabla 21.

Datos de tráfico necesario para obtención de los parámetros de tráfico.

Parámetros	Datos
1. TMDAC	AVC
2. % Dirección de diseño	AVC
3. Carril de diseño	AVC
4. Velocidad de operación	Eterno
5. F.A. Mensual	AVC
6. F.D. por tipo de Vehículo	AVC
7. F.D. Horario	WIM
8. F. Crecimiento tráfico	AVC
9. F.D. Carga por eje	WIM
10. Entradas generales de tránsito	Externo

Nota: Fuente, implementación del modelo climático EICM con fines de diseño para pavimento de concreto asfáltico aplicando la metodología MEPDG – tesis.

□ Diferentes tipos de Ejes de Carga



□ Ejes de Carga Mixtos



Figura 17. Tipos de ejes de carga.

Nota: Fuente: (Leiva, 2002).

B. Clasificación de vehículos según FHWA.

En la guía de diseño mecánico empírico MEPDG indicia seguir la clasificación de vehículos según la Federal Highway Administration (FHWA). Vivanco (2016) afirma que: “Se divide en categorías que dependerá si el vehículo transporta pasajeros o mercancías. Los vehículos que no transporten pasajeros se subdividen a su vez por el número de ejes y de unidades incluyendo las unidades de remolque y maquinaria pesada” (p. 70).

En la siguiente figura se puede apreciar la clasificación de vehículos según la FHWA:




















CLASIFICACIÓN DE VEHICULOS SEGÚN LA FHWA				
CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	
Motocicleta 2 ejes, 2 o 3 ruedas 	Carros pasajeros 2 ejes 	Camionetas, van, ambulancia 2 ejes, 4 ruedas simples 	Buses 2 o 3 ejes 	
CLASE 5		CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8
Camion simple 2 ejes, 6 ruedas 		Camion simple de 3 ejes 	Camión simple, 4 o más ejes 	Camión semirremolque, 4 o menos ejes 
CLASE 9		CLASE 10		  
Camion semirremolque, 5 ejes  		Camion semirremolque, 6 o más ejes  		
CLASE 11			CLASE 12	
Camión semirremolque + acoplado, 5 o menos ejes 			 	
CLASE 13				
Camión semirremolque + acoplado, siete o más ejes 				

Figura 18. Clasificación de vehículos según Federal Highway Administration (FHWA).

Nota: Fuente, ARA, Inc. Eres Consultants Division, NCHRP 1-37A, 2004.

C. Espectros de Carga.

La Guía 2002 para el diseño de estructuras de pavimento nuevas y rehabilitadas (NCHRP 1-37A) se ha alejado del enfoque de ESAL y ha adoptado un enfoque de espectros

de carga. En esencia, el enfoque de los espectros de carga utiliza los mismos datos de tráfico que el enfoque de ESAL, pero no convierte las cargas en ESAL; mantiene los datos por configuración y peso del eje. Esta información se puede usar luego con una serie de ecuaciones empíricas para desarrollar un diseño estructural de pavimento. Algunas ventajas clave del enfoque de espectros de carga son:

1. Es compatible con la Guía de monitoreo de tráfico de la FHWA y, por lo tanto, muchas agencias ya están recopilando los datos apropiados.
2. Ofrece un enfoque jerárquico para la entrada de datos de tráfico en función de las necesidades y los recursos de los usuarios. Hay tres niveles de entrada potencial:
 - ✓ Entradas de nivel 1: uso de datos de volumen / clasificación y espectros de carga por eje directamente relacionados con el proyecto.
 - ✓ Entradas de nivel 2: uso de datos de espectros de carga por eje regionales y datos de clasificación / volumen relacionados con el proyecto.
 - ✓ Entradas de nivel 3: uso de datos de espectros de carga por eje y regionales o predeterminados.
3. Incluye información sobre la distribución del tráfico, distribución direccional, de carril y temporal (si es necesario), así como las tasas de crecimiento del tráfico.

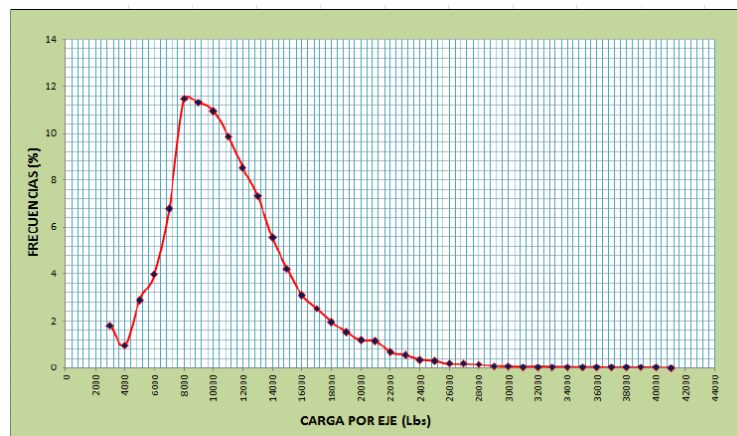


Figura 19. Ejemplo de espectro de carga característico de un vehículo Clase 4, Eje Simple.
Nota: Fuente, (Vivanco, 2016).

2.2.6.2.2 *Clima.*

Implementación de los datos climáticos del distrito de Juliaca al modelo EICM.

Maximiliano (2016) manifiesta que:

Al determinar un procedimiento de recopilación de información existente para una condición climática (Distrito Juliaca), almacenarlos de acuerdo al formato

establecido por la metodología MEPDG y generar un archivo electrónico (Archivo ICM) requerido por el software del AASHTO 2008. De acuerdo al nivel jerárquico correspondiente a los datos de entrada de tipo climáticos, la metodología considera por defecto nivel 1, cabe indicar que este nivel considera una extensa base de datos, en la presente investigación, el periodo de registro de datos climáticos es de dos años, iniciándose en enero del 2016 hasta diciembre del 2017, si bien una mayor cantidad de información garantiza resultados más confiables en la predicción de deterioros, esta investigación pretende establecer la viabilidad de la implementación de la metodología MEPDG en nuestro país, por lo que se opta por cumplir los requisitos mínimos (24 meses) de datos meteorológicos para fines de cálculos (p. 89).

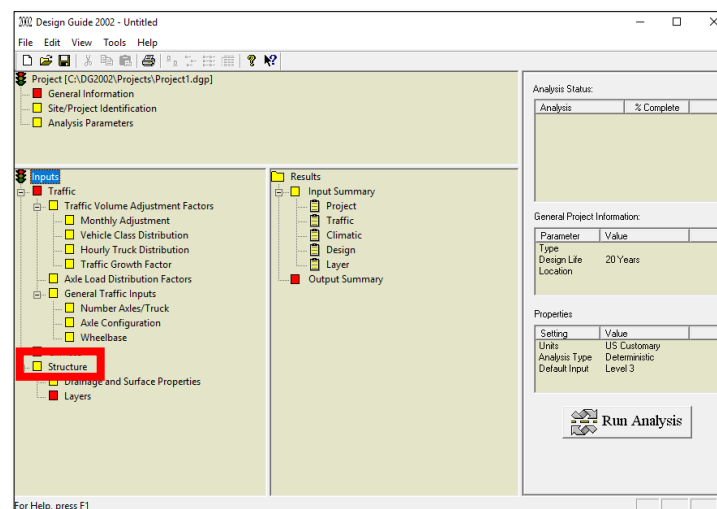


Figura 20. Segunda variable en el software para el diseño de pavimento.

Según Maximiliano (2016) “el procedimiento a seguir durante esta investigación, los cuales se ilustra como un diagrama de flujo en la (Figura 21), de acuerdo a los siguientes pasos” (p. 89):

Paso 1: Disponibilidad y limitaciones de información climática existente.

Paso 2: Análisis de recopilación de datos.

Paso 3: Generar el archivo climático ICM.

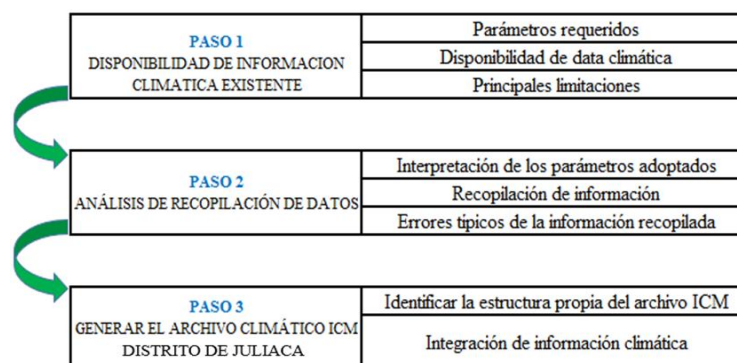


Figura 21. Diagrama de flujo para Factor Clima.

Nota: Fuente, (Maximiliano, 2016)

Paso 1: Disponibilidad de información climática existente.

Parámetros requeridos

Moulthrop y Von Quintus (como se citó en Vivanco, 2016) manifiesta que:

La información requerida por el modelo EICM, contempla la recopilación de una extensa base de datos de información meteorológica relacionada con el área del proyecto, esta información es ingresada al software de la Guía de diseño M-E mediante un archivo virtual con extensión “ICM” al que fue denominada por la presente investigación como archivo climático ICM (p. 75).

Sin embargo, Maximiliano (2016) afirma que “estos parámetros son las principales limitantes de muchas agencias para lograr su implementación debido al requerimiento de factores horarios con antigüedades que cubran los periodos de diseño del pavimento” (p. 91). Para lograr una mejor precisión de la predicción de deterioros.

Los datos meteorológicos requeridos por el EICM son mostrados en la (Tabla 22).

Tabla 22.

Datos meteorológicos requeridos por la metodología MEPDG.

Factor	Descripción	Unidades	Frecuencia
Factores Horarios	Precipitación	Pulg.	Horaria
	Temperatura del aire	°F	Horaria
	Nubosidad	%	Horaria
	Viento	millas/h	Horaria
	Nivel Freático	Pie - Ft	Horaria
Otros Factores	Salida y puesta del sol	Hora en Decimal	Diaria
	Humedad Relativa	%	Mensual
	Radiación solar	But/(ft2*día)	Diaria
	Coordenadas Geodésicas	Altura en (ft)	---

Nota: Fuente, (Maximiliano, 2016)

Disponibilidad de data climática

Para este caso, tenemos el objetivo de hacer consultas a las principales agencias que proveen de información climática en la región de Puno. Maximiliano (2016) afirma que el “Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) cuenta principalmente con dos (02) redes de estaciones meteorológicas, denominadas estaciones convencionales y estaciones automáticas, estas observaciones son la columna vertebral de la vigilancia meteorológica en el Perú, fiable y relativamente densa” (p. 91).

Maximiliano (2016) “Se denomina estaciones meteorológicas convencionales a las estaciones en las cuales se hacen observaciones superficiales y una estación meteorológica automática (EMA) o hidrológica (EHA) es aquella estación que consta de sensores que registran las variables hidrometeorológicas” (p. 16). Uno y la otra son diferentes por la capacidad de obtención de datos además por la precisión.

Según Maximiliano (2016) menciona que una vez obtenida todos los datos, tendremos lo siguiente (Tabla 23), con los datos completos para generar el archivo virtual climático ICM.

Tabla 23.

Formato para recopilación de datos para la elaboración de los archivos ICM.

Parámetros	Frecuencia	Periodo	Número De Datos	Información Completa
Precipitación	Horario	Ene 2016 - Dic 2017		
Temperatura Del Aire	Horario	Ene 2016 - Dic 2017		
Porcentaje Nubosidad	Horario	Ene 2016 - Dic 2017		
Velocidad Del Viento	Horario	Ene 2016 - Dic 2017		
Nivel Freático	Horario	Ene 2016 - Dic 2017		
Salida Y Puesta Del Sol	Diario	Ene 2016 - Dic 2017		
Humedad Relativa	Mensual	Ene 2016 - Dic 2017		
Radiación Solar	Diario	Ene 2016 - Dic 2017		

Nota: Fuente, (Maximiliano, 2016)

Paso 2: Análisis y recopilación de información.

Precipitación

Según Maximiliano (2016) “en una estructura de pavimento, la humedad y la temperatura son las dos variables que puede afectar de manera significativa la superficie del pavimento y las propiedades de la subrasante, por ende, de su capacidad de transporte de carga” (p. 99).

Truax, Heitzman, y Takle (como se citó en Maximiliano, 2016) manifiesta que:

Cabe destacar que la recolección y/o la disponibilidad de registros climáticos también representan un reto, ya que las carreteras se construyen para durar varios años, de forma que la obtención de los diferentes patrones del clima puede resultar a veces insegura para el proceso de diseño (p. 99).

Temperatura

Maximiliano (2016) manifiesta que en la metodología MEPDG la unidad de la Temperatura en “grados Fahrenheit”, de forma horaria, medida aproximadamente a dos metros sobre la superficie del suelo. La influencia de las variaciones de la temperatura se percibe sobre todo en la mezcla asfáltica que en las capas inferiores (AASHTO, 2008). Este efecto actúa directamente modificando el Módulo Resiliente (Mr), para condiciones climáticas frías pueden llegar a obtenerse valores de 2 a 3 millones PSI y en climas calurosos a 0.1 millones PSI (p. 99).

Nubosidad

La determinación de la nubosidad utiliza una escala de 0/8 (sin nubes) para 8/8 (cobertura total del cielo). En la metodología MEPDG la nubosidad graba valores en porcentaje (0% es nublado y el 100% está claro) con frecuencia horaria, los valores de este parámetro indican que a mayores porcentajes implica menor nubosidad, considerándose como el opuesto del porcentaje de cobertura de nubes. (Maximiliano, 2016, p. 106)

Viento

Maximiliano (2016) afirma que: “Es la variación de estado del movimiento del aire causado por las diferencias de presión, producto del calentamiento de las diversas zonas de la tierra y de la atmósfera, el viento como tal tiene dos componentes de medición, dirección y velocidad” (p. 106).

Truax, Heitzman y Takle (2011) manifiestan que: “de acuerdo a la metodología MEPDG la unidad de la Velocidad del viento en “millas por hora”, Este valor es normalmente una velocidad del viento promedio durante un período de dos minutos en lugar de un valor instantáneo” (p. 41).

Profundidad del nivel freático

Para este caso mediante calicatas se obtendrá el nivel freático, además la metodología MEPDG requiere información desde dos años de antigüedad, las calicatas se realizarán con fines de comprobar resultados para el óptimo diseño de pavimentos.

Salida y puesta de sol

El parámetro climático Salida y Puesta de Sol, Maximiliano (2016) afirma: “corresponde a las horas transcurridas desde los crepúsculos matutinos hasta el crepúsculo vespertino. Las unidades en la metodología MEPDG requeridas son en horas decimales” (p. 112).

Humedad Relativa

La metodología MEPDG, Maximiliano (2016) afirma: “utiliza este parámetro en porcentajes, su incorporación se realiza para los doce (12) meses del año considerando todos los años de registro” (p. 113). Para un diseño con más alternativas de predicción.

Radiación solar

En la MEPDG, Maximiliano (2016) afirma: “la unidad de la Radiación Solar está expresada en unidades térmicas británicas (But/ft²* día) y considera la incidencia a la superficie terrestre por radiación directa (onda corta) y difusa (onda larga)” (p. 115).

Paso 3: Generar el archivo climático ICM.

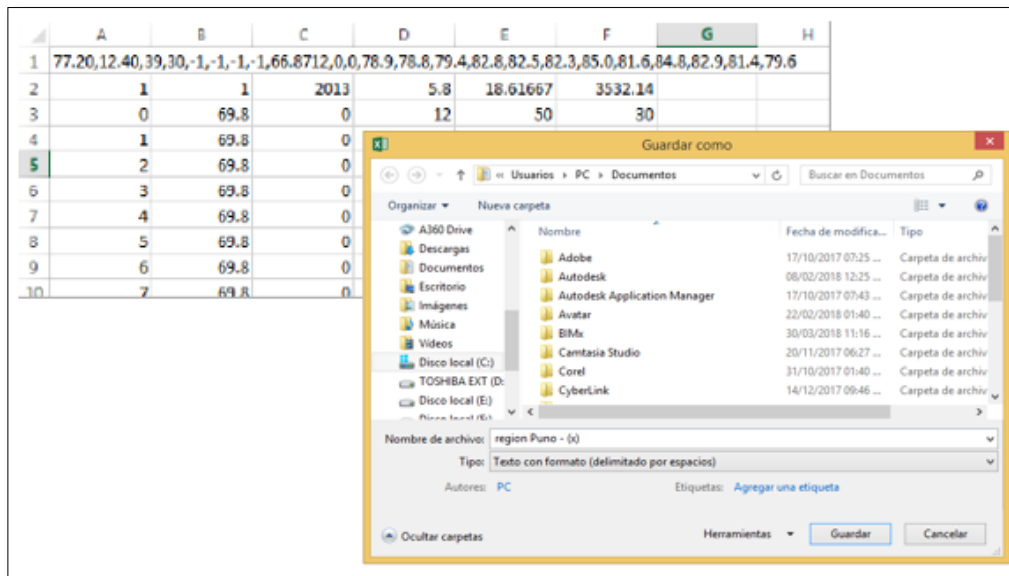


Figura 22. Archivo EICM requeridos del software para el diseño de pavimento con la metodología mecanicista MEPDG.

2.2.6.2.3 Estudio de suelos.

El módulo elástico (M_R)

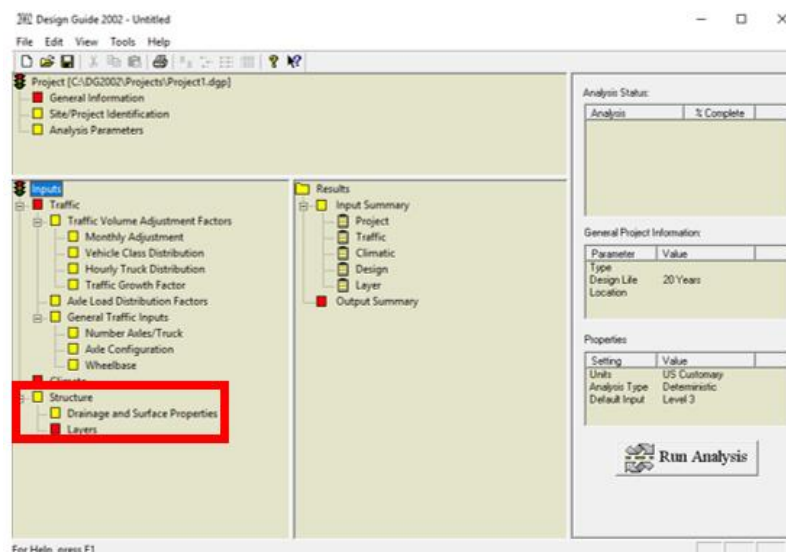


Figura 23. Tercera variable en el software para el diseño de pavimento.

“La Guía de diseño empírico-mecanicista (MEPDG) requiere el módulo elástico de materiales de suelo no ligados y cohesivos para caracterizar las capas para su diseño estructural. Las variaciones de humedad y temperatura dentro de la estructura del pavimento se calculan internamente usando el Modelo Climático Integrado Mejorado (EICM). Nivel 1 requiere constantes del material (k_1 , k_2 , y k_3) de real M_R datos de prueba” (Figuerola, 2005).

Propiedades mecánicas de subrasante para el nivel uno de diseño

El MEPDG requiere propiedades de materiales mecánicos como entrada a las relaciones constitutivas incorporadas en estos modelos para calcular la respuesta del material y las propiedades de daños. Para los materiales base y de suelo no ligados, el módulo elástico (M_R) es un factor importante y se determina mediante pruebas triaxiales de carga cíclica. En este nivel avanzado, la MEPDG requiere k_1 , k_2 , y k_3 como entradas para caracterizar parámetros de los materiales no unidos. Los valores de M_R medidos a diferentes confinamientos y estrés del desviador se representan gráficamente, y los parámetros se determinan por análisis de regresión (Ji, Siddiki, Nantung, & Kim, 2014).

2.2.6.2.4 Confiabilidad (R).

El nivel de confiabilidad de diseño podría basarse en el objetivo general de alcanzar la condición terminal antes de completar la vida útil de diseño. Los niveles de la confiabilidad del diseño pueden variar según el tipo de deterioro y de IRI, o pueden mantenerse constantes según ambos (AASHTO, 2008, p. 72).

La Confiabilidad del Diseño (R) se define como la probabilidad (P) donde el deterioro pronosticado deberá ser menor que el nivel crítico durante el periodo de diseño.

Ecuación 28. Confiabilidad

$$R = P[\text{Deterioro a lo largo del periodo de diseño} < \text{Nivel crítico o umbral de deterioro}]$$

Tabla 24.

Criterios de diseño o Umbrales recomendados por MEPDG para evaluar la aceptación de un diseño de pavimento.

N°	Tipos de falla	Nivel crítico o valor máximo al final de la vida útil de diseño		
		Vías Secundarias	Vías Primarias	Vías Interestatales
1	IRI	160 plg/milla	200 plg/milla	200 plg/milla
	Índice de rugosidad inicial	(2.53 m/Km)	(3.16 m/Km)	(3.16 m/Km)
2	Longitud de fisuramiento longitudinal	1060 pies/milla	2120 pies/milla	2120 pies/milla
	AC Surface Down Cracking	(200 m/Km)	(400 m /km)	(400 m /km)
3	Fisuramiento piel de cocodrilo	5% (área del carril)	10% (área del carril)	10% (área del carril)
	AC Bottom Up Cracking			
4	Longitud de fisuramiento transversal	500 pies/milla	800 pies/milla	800 pies/milla
	AC Thermal Fracture	(95 m/Km)	(150 m/Km)	(150 m/Km)
5	Profundidad de ahuellamiento	0.25 plg	0.30 plg	0.40 plg
	Permanent Deformation	(6 mm)	(8mm)	(10mm)

Nota: Fuente (AASHTO, 2008)

Vivanco (2016) menciona que el error asociado en la predicción de esfuerzos en el pavimento y la suavidad utilizando funciones de transferencia, los esfuerzos o IRI (suavidad o regularidad) podría ser mayor o menor que el valor medio esperado, estos errores podrían ser en la estimación de tráfico, clima, materiales de construcción diferentes al proyecto, errores de los modelos de deterioro, etc.

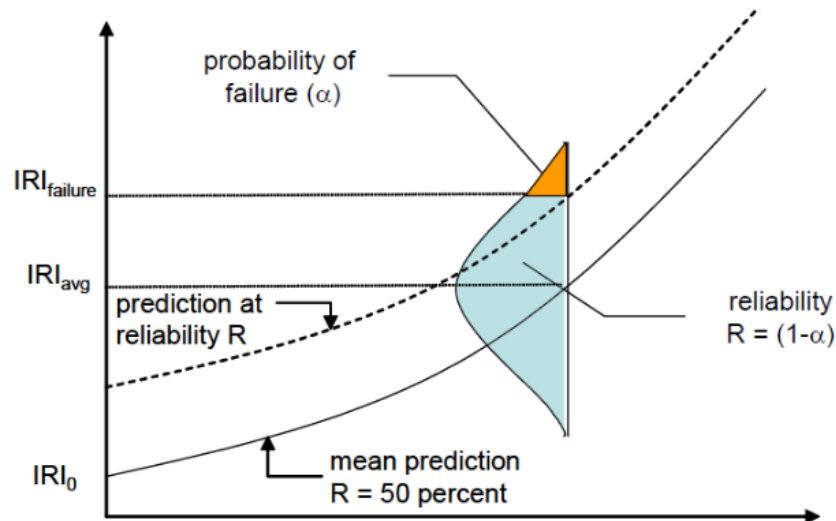


Figura 24. Concepto de Confiabilidad del Diseño para la Regularidad Superficial (IRI)

Nota: Fuente: (AASHTO, 2008)

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de confiabilidad según la clasificación funcional de la vía en estudio.

Tabla 25.

Niveles de Confiabilidad mínimos recomendados para las distintas clases funcionales de carreteras.

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal/Autopistas	95	95
Arterias principales	90	85
Colectores	80	75
Local	75	70

Nota: Fuente (AASHTO, 2008)

2.2.6.3 Indicadores de desempeño en pavimentos flexibles.

2.2.6.3.1 Daños en Pavimentos Flexibles.

Los daños de los pavimentos son indicadores básicos para el diagnóstico de la condición del mismo. Se presentan en forma de catálogo y provienen del método VIZIR

desarrollado en Francia a partir de los años 60 y actualmente es utilizado en varios países del mundo. Dicho catálogo tiene por objeto la clasificación y cuantificación de los daños de pavimentos flexibles, y define tres niveles de gravedad o severidad para cada tipo de daño. (MTC, 2014)

2.2.6.3.2 *Teoría de Falla.*

Arias y Sarmiento (2015) manifiestan que:

En el método Mecanístico empírico se relaciona cierto criterio de falla a un problema específico existente en la vía, esto en comparación al método AASHTO 93 es más preciso ya que en el anterior se usaba el índice PSI para representar en general las condiciones del pavimento (p. 32).

Batista (2014) manifiesta que:

Se analizan las fallas que pueden relacionarse con tensiones o deformaciones, determinadas al aplicar los modelos mecanicistas en pavimentos flexibles en las cuales se encuentra; fisuración por fatiga de abajo hacia arriba, ahuellamiento, fisuración longitudinal y fisuración térmica (p. 21).

2.2.6.3.3 *Deformación Permanente (ahuellamiento).*

Batista (2014) manifiesta que:

La deformación permanente es la deformación vertical residual que se va acumulando debido al paso de los vehículos la cual puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento. En el caso de las estructuras flexibles, la deformación permanente total es la suma de la deformación producida en cada una de las capas del pavimento, pero actualmente los métodos empíricos suponen que tal deformación se genera solo en la capa sub rasante y esto crea una de sus principales limitaciones. La anterior suposición se basa en que la sub rasante es la capa más susceptible a la deformación debido a su más baja rigidez (en comparación con las otras capas del pavimento) y a una mayor probabilidad de presentar altos contenidos de agua (lo cual disminuiría su capacidad portante) (p. 20).

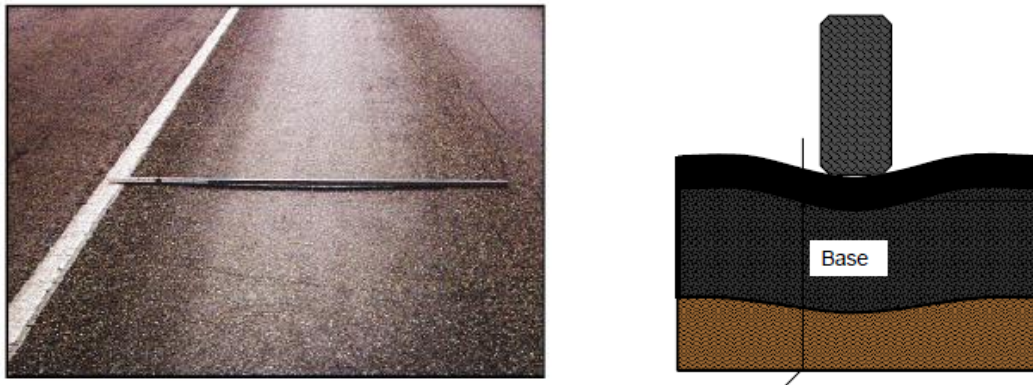


Figura 25. Falla por ahuellamiento.

Nota: Fuente: Congreso Andino de Carreteras - Aplicabilidad para pavimentos en Altura del Método Mecánico-Empírico (MEPDG).

Batista (2014) “En las capas de rodadura y base asfáltica (compuestas por mezclas asfálticas de comportamiento viscoso) un incremento de temperatura genera disminución de la rigidez y por lo tanto un incremento en la deformación del pavimento” (p. 21).

Batista (2014) “El efecto final de las cargas permanentes es el ahuellamiento causado por el paso de los neumáticos de los vehículos, el cual puede tener muchas causas: debilitamiento de las capas de pavimento por daños, por humedad, abrasión, exceso de tráfico, etc” (p. 21).

A. Profundidad de ahuellamiento.

Generalmente esta es causada por la deformación vertical plástica, según la guía AASHTO 2008 el ahuellamiento se calcula en una profundidad media de cada subcapa en una estructura de pavimento donde se emplea la siguiente ecuación.

Ecuación 29. Profundidad de ahuellamiento

$$\Delta_{p(HMA)} = \varepsilon_{p(HMA)} h_{(HMA)} = \beta_{1r} k_z \varepsilon_r(HMA) 10^{k_{1r} n} k_{2r} \beta_{2r} T^{k_{3r} \beta_{3r}}$$

Donde:

$\Delta_{p(HMA)}$ = Deformación acumulada permanente a deformación plástica vertical acumulada en 1 sub capa/ capa de HMA, en pulgadas

$\varepsilon_{p(HMA)}$ = Deformación unitaria permanente o plástica axial acumulada en la subcapa/ capa de HMA, en pulgadas/ pulgadas.

$\epsilon_{r(HMA)}$ = Deformación unitaria resiliente o elástica calculada por el modelo de respuesta estructural a una profundidad media de cada subcapa de HMA, en pulgada/ pulgada.

$h_{(HMA)}$ = Espesor de la subcapa/ capa de HMA, en pulgadas.

n = Numero de repeticiones de cargas por eje.

T = Temperatura de la mezcla o del pavimento en °F.

k_z = Factor de confinamiento de profundidad.

$k_{1r,2r,3r}$ = Parámetros de calibración global de campo ($k_{1r} = -3.35412$, $k_{2r} = 0.4791$, $k_{3r} = 1.5606$)

$\beta_{1r,2r,3r}$ = Constantes de calibración locales o de las mezclas en el campo; para la calibración global, estas constantes se establecieron en 1.0.

Ecuación 30: Factor de confinamiento de profundidad.

$$k_z = (C_1 + C_2 D) 0.328196^D$$

$$C_1 = -0.1039(H_{HMA})^2 + 2.4868H_{HMA} - 17.342$$

$$C_2 = 0.0172(H_{HMA})^2 + 1.7331H_{HMA} - 27.428$$

Donde:

D = profundidad debajo de la superficie en pulgadas

H_{HMA} = Espesor total de HMA, en pulgadas.

2.2.6.3.4 Fisuración longitudinal (fisuramiento de arriba hacia abajo).

Maximiliano (2016), afirma: “La formación de grietas longitudinales en pavimentos flexibles es conceptualmente similar al agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo). Como se muestra en la (Figura 27), se desarrolla a lo largo de la vía debido a los esfuerzos de tracción que actúan en la parte superior de la capa de concreto de asfalto y es inducida por la carga de tráfico” (p. 54).

Este tipo de fallas es paralelo al eje de la vía, los valores oscilan entre 0.30 a 0.50 m del borde exterior de un pavimento. Estas fallas son ocasionadas por las heladas las cuales debilitan a la sub base por contracción cortante.

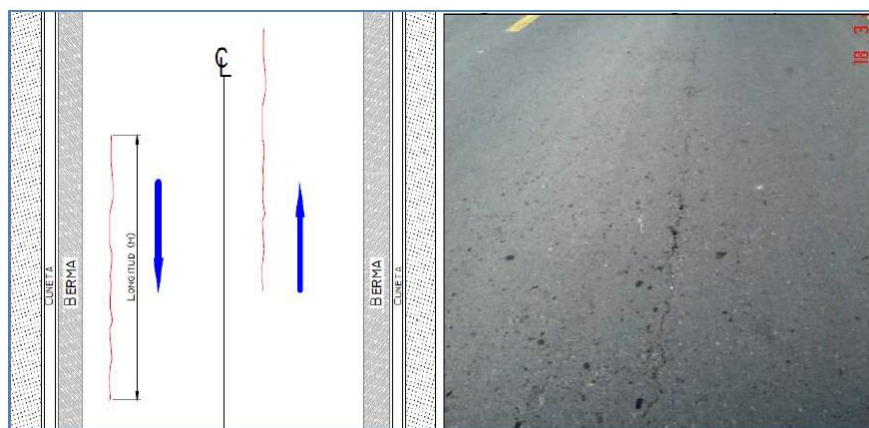


Figura 26. Fisuras longitudinales en la vía.

Nota: Fuente: INVIAS (como se citó en Maximiliano, 2016)

2.2.6.3.5 *Fatiga en la estructura del pavimento (Tipo piel de cocodrilo).*

Lilli, Felix (como se citó en Batista, 2014) manifiesta que:

En los ensayos de fatiga se ha determinado que las grietas se propagan de la base de cada capa hacia arriba. Como se considera que los materiales que conforman la estructura durante su vida útil están trabajando dentro del rango elástico, entonces la fatiga de estos es causada por repeticiones de carga (N) impuestas por el tránsito. Por consiguiente, el comportamiento a la fatiga para las capas que conforman el pavimento, se presenta normalmente como una relación entre las repeticiones de carga y la deformación. Entonces el pavimento flexible puede fallar de dos maneras (p. 22).



Figura 27. Fallas por fatiga – piel de cocodrilo.

Nota: Fuente, Congreso Andino de Carreteras - Aplicabilidad para pavimentos en Altura del Método Mecánico-Empírico (MEPDG).

Uribe y Meléndez (como se citó en Batista, 2014) menciona que:

El daño por fatiga de la carpeta asfáltica generada por las cargas de tráfico, se inicia en la parte inferior de la carpeta asfáltica y se propaga hacia la superficie (reflejo de fisuras). En el modelo tradicional de fatiga las fisuras se originan en la fibra inferior de la mezcla bituminosa (zona donde la tensión de tracción es mayor) y se propaga verticalmente hacia la superficie del pavimento (p. 21).

A. Fisuramiento relacionado con la carga.

La metodología mecanística empírica MEPDG pronostica dos tipos de fisura relacionado con carga los cuales son fisuramiento piel de cocodrilo (Fatiga) y fisuramiento longitudinal, para su determinación emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 31. Fisuramiento relacionado con la carga.

$$N_{f-HMA} = k_{f1}(C)(C_H)\beta_{f1}(\varepsilon_t)^{k_{f2}\beta_{f2}}(E_{HMA})^{k_{f3}\beta_{f3}}$$

Donde:

- N_{f-HMA} = Numero permitido de repeticiones de carga por eje para un pavimento flexible y recapados de mezcla asfáltica en caliente.
- ε_t = deformación unitaria por tensión en lugares críticos y calculados por el modelo de respuesta estructural, en pulgadas.
- E_{HMA}^c = modelo dinámico del HMA medido en compresión, psi.
- $k_{f1,f2,f3}$ = coeficiente de calibración global en campo
- β_{f2} = constante de calibración de campo específica local específica de la mezcla, para el esfuerzo de calibración global, estos constantes fueron establecidos en 1.0.

$$c = 10^M$$

$$M = 4.84 \left[\frac{V_{be}}{V_a + V_{be}} + -0.69 \right]$$

Donde:

- V_{be} = contenido de asfalto efectivo por volumen, en %.
- V_a = porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica
- C_H = factor de corrección de espesor, dependiente de tipo de fisura

Para fisura miento piel de cocodrilo de abajo hacia arriba.

Ecuación 32. Fisuramiento piel de cocodrilo de abajo hacia arriba.

$$C_H = \frac{1}{0.000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{(11.02 - 3.49H_{HMA})}}}$$

Ecuación 33. Fisuras longitudinales o de arriba hacia abajo.

$$C_H = \frac{1}{0.01 + \frac{12.00}{1 + e^{(15.676 - 2.8286H_{HMA})}}}$$

Donde:

H_{HMA} = Espesor total de mezcla asfáltica, en pulgadas.

2.2.6.3.6 Fisuración por efectos térmicos.

Pérez y Jiménez (como se citó en Batista, 2014) manifiestan que:

Este tipo de agrietamiento puede ser causado por varios ciclos de ascenso y descenso de la temperatura. Esta última condición es lo que se conoce como fatiga térmica. El problema del envejecimiento del asfalto en las mezclas puede afectar enormemente su resistencia a la fisuración térmica. Cuanto mayor sea el envejecimiento del asfalto y menor sea su porcentaje en la mezcla, mayor será la probabilidad de tener problemas de fisuración térmica cuando el pavimento y la capa de rodadura se encuentra a temperaturas bajas, inferiores a -5 o -10° C (p. 22).



Figura 28. Falla por fisuramiento térmico.

Nota: Fuente, Congreso Andino de Carreteras - Aplicabilidad para pavimentos en Altura del Método Mecánico-Empírico (MEPDG).

Batista (2014) manifiesta que:

La fisuración térmica presenta un serio problema en el diseño de mezclas ya que resulta difícil su evaluación y predicción. Esta patología se presenta fundamentalmente por efecto de temperaturas por debajo del punto de congelación, lo que nunca ocurre en Cuba y los modelos que explican este comportamiento son de gran complejidad y no se dispone en el país de los ensayos necesarios para su caracterización, además el agrietamiento térmico es un tipo de falla causada por condiciones climáticas rigurosas. Se caracterizan por ser fisuras transversales intermitentes, perpendiculares a la dirección del tráfico, espaciadas en forma casi constante a lo largo del camino (p. 21,22).

2.2.6.3.7 Índice Internacional de Rugosidad – IRI.

La información que introduce la metodología MEPDG para predecir el desempeño de la vía, es con la aparición de deterioros en la carpeta de rodadura, resultando en el incremento de la rugosidad por ende aumentará el valor del IRI (National Cooperative Highway Research Program - NCHRP 1-37A, 2003).

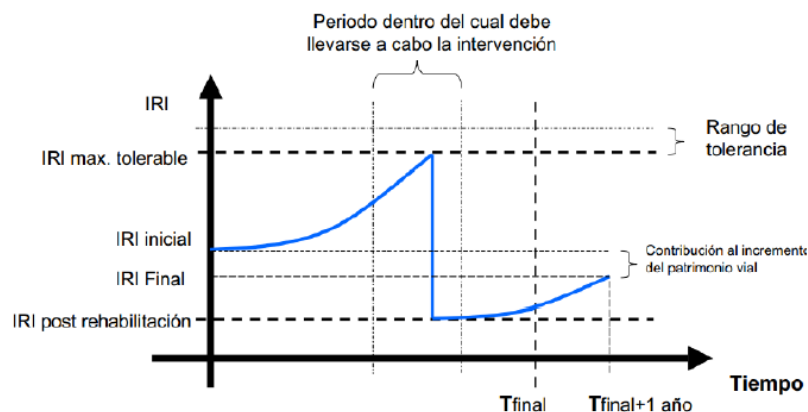


Figura 29. Comportamiento del IRI.

Nota: Fuente: (INVIAS, 2004).

La obtención del IRI, pone fin a la subjetividad calificativa del PSI según los métodos del AASHTO 1993, La norma que hace referencia a la naturaleza y medición del IRI es la NLT-330/98. La rugosidad es generalmente reconocida como la deformación más representativa de la capacidad de servicio global de una sección de pavimento. Por lo que, un pavimento en mal estado afecta directamente a la calidad de servicio de la vía. (INVIAS, 2004, p. 37)

La (Figura 29), muestra como es el comportamiento del IRI durante su periodo de vida de la carretera, un pavimento nuevo muestra valores de IRI mínimos y a medida que se deteriora el valor del IRI aumenta, cuando llega al límite tolerable es necesario realizar una rehabilitación.

El IRI durante el período de diseño depende del perfil inicial de construcción del pavimento a partir del cual se calcula el IRI inicial y el desarrollo posterior de las angustias a lo largo del tiempo. Debido a que las dificultades se estiman al final de cada incremento de tiempo a lo largo del período de diseño.

Escala y características del IRI

La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- ✓ Sus unidades están definidas en en mm/m, m/km o in/mi
- ✓ El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

Según Tafur (2014), menciona mediante su estudio de investigación que para el modelamiento del pavimento flexible para la determinación de los valores de predicción del IRI en el MEPDG considera los siguientes valores en base a las mediciones de campo:

Tabla 26.
Criterios de Rendimiento.

IRI (plg/milla)	Confiabilidad
Inicial	90 %
63	

Nota: Fuente (Tafur, 2014)

2.2.6.4 Niveles Jerárquicos de Entrada de Datos.

Nivel 1: Es el más preciso y, por tanto, los más fiables. Se utiliza en el caso de las carreteras con mucho tráfico o para el análisis de áreas con un alto nivel de angustia o graves problemas de seguridad. Se requiere aproximadamente 100 entradas. Los datos de los materiales se obtienen a partir de pruebas; Los datos de tráfico de estaciones de medición y

"pesar en movimiento '(WIM) sistemas (sensores especializados); entradas de estaciones meteorológicas, etc. (Martínez y Pérez, 2015, p. 14-32).

Nivel 2: Es un nivel intermedio de precisión. Los más comúnmente utilizados para el diseño ordinario. Utiliza datos de los organismos oficiales, las correlaciones empíricas o estimaciones para determinar los insumos requeridos. Por ejemplo, las entradas de tráfico se estiman basándose en el tiempo oficial y el módulo dinámico basado en los resultados de las pruebas realizadas a aglutinante y los agregados u otras propiedades mecánicas que de la mezcla (Martínez y Pérez, 2015, p.14-32).

Nivel 3: Entregará el menor grado de precisión de datos porque hay un escaso conocimiento de los parámetros de entrada. El parámetro de entrada está basado en valores por defecto que están basados en valores globales o regionales, también son valores seleccionado por el usuario o son promedios típicos de la región. Son utilizados para diseño de estructuras de bajo volumen de tránsito (Martínez y Pérez, 2015, p. 14-32).

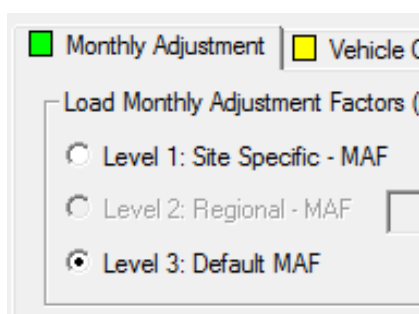


Figura 30. Niveles de entrada de datos.

2.2.6.5 Interfaz con el Software Design Guide (MEPDG).

Martínez y Pérez (como se citó en Vivanco,2016) menciona que:

El software calcula los cambios en las propiedades de la capa, daño, deterioros o fallas más relevantes, y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) durante la vida útil de diseño. Los sub pasos para el paso 4 incluyen: (p. 32).

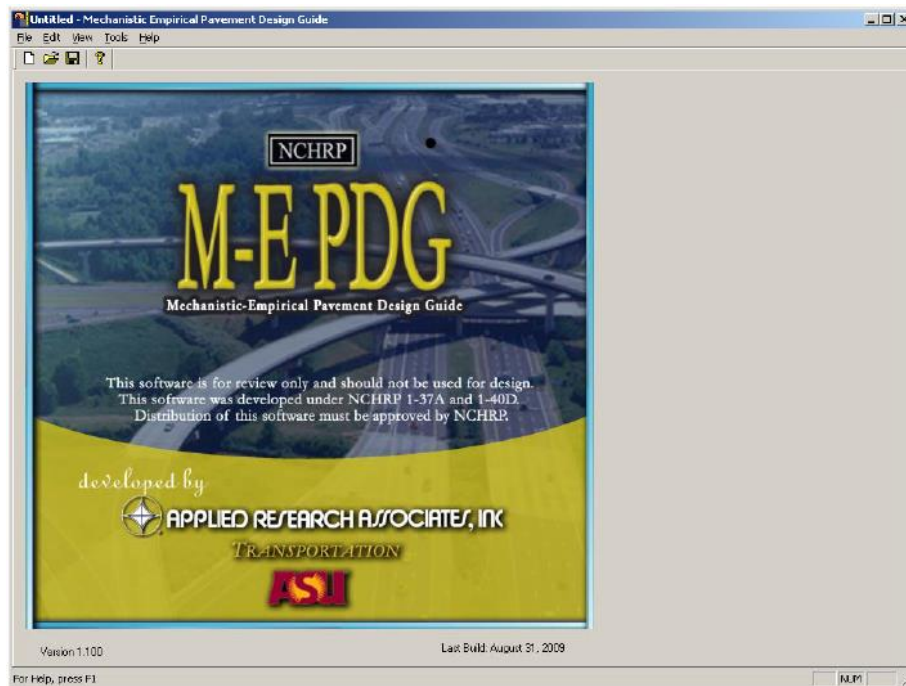


Figura 31. Software para el diseño de pavimento con la metodología mecanicista MEPDG.
Nota: Fuente, software Design Guide MEPDG.

- a) Examinar los datos de entrada para verificar el correcto ingreso de los mismos.
- b) “Cálculo de respuestas estructurales (esfuerzos, deformaciones y deflexiones), para cada tipo de eje y carga y para cada paso del tiempo a lo largo del periodo de diseño” (p. 32).
- c) Examinar los resultados que corresponden a procesos específicos: parámetros determinados, tales como valores climáticos, valores mensuales de eficiencia de transferencia de cargas transversales en el análisis de pavimento rígido, valores mensuales de módulo de la capa para el análisis de pavimento Flexible y rígido para determinar su razonabilidad e indicadores de desempeño calculados (deterioro o fallas de pavimento e IRI) (p. 32).
- d) “Evaluar si el diseño de prueba ha cumplido con cada uno de los indicadores o criterios de desempeño para el nivel de confiabilidad del diseño elegido para el proyecto” (p. 32).
- e) “Si alguno de los criterios no se ha cumplido, determinar cómo esta deficiencia puede ser remediada modificando los materiales utilizados, las capas de los materiales, el espesor de las capas u otras características de diseño” (p. 32).

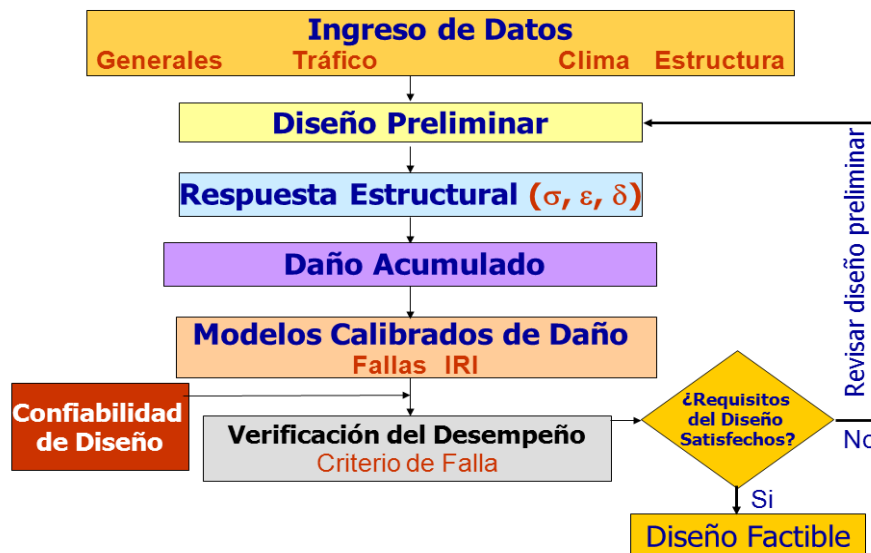


Figura 32. Proceso de análisis en la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico – Mecanicista.

Nota: Fuente: (Batista, 2014).

2.2.7 Limitantes y ventajas para las metodologías de diseño AASHTO 93 y MEPDG.

Existen muchas diferencias entre las dos metodologías de diseño elaboradas por AASHTO, principalmente al enfoque establecido a estas que son lo empírico y mecanístico.

Las principales limitaciones y ventajas para ambas metodologías se presentan a continuación:

2.2.7.1 AASHTO 93.

✓ Limitaciones del método AASHTO 93

- Es un método empírico.
- Procedimiento acelerado de acumulación de tráfico (un periodo de ensayo de 2 años, extrapolado a periodos de diseño de 10 ó 20 años).
- Se experimento solo hasta 1.1 millones de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (ESAL's).
- Realizado para una sola zona climática (Illinois, EE. UU) y solo por 2 años.
- Su predicción de daños es muy incierta por ser un método empírico realizado hace más de 55 años.
- Solo hace el cálculo del espesor del pavimento.

- Diseña pavimentos con un único criterio de desempeño, el índice de servicialidad del presente (PSI).

Entonces, los intentos de extrapolar los resultados de metodologías empíricas como el AASHTO 93 a otras condiciones, son siempre de resultados inciertos y pueden llevar a subdiseños o sobrediseños, que pueden acarrear serios problemas en su desempeño.

✓ **Ventajas del método AASHTO 93**

- Es un método práctico.
- No requiere del uso de software costosos
- Fácil acceso al diseño
- Es un método muy conocido por todos los profesionales y fácil de entender.
- Muy útil para el diseño de pavimentos en lugares donde no se dispone de tanta tecnología.

2.2.7.2 MEPDG.

✓ **Limitaciones del método MEPDG-AASHTO 2008**

- Requiere más parámetros de entrada, como tráfico, clima y propiedad de los materiales.
- La existencia de datos climatológicos es escasa según la frecuencia exigida por la metodología mecanística empírica.
- Es un método muy poco conocido en nuestro país.
- Requiere de laboratorios que utilice nuevas tecnologías, como la del método SUPERPAVE.
- El acceso al software Darwin M-E del MEPDG y otras versiones actualizadas es muy costoso (aprox. 5000 dólares la licencia).

✓ **Ventajas del método MEPDG-AASHTO 2008**

- Es un método que utiliza conceptos mecanísticos y empíricos.
- Se puede trabajar para más de 50 millones de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL's). el MEPDG utiliza el concepto de los espectros de carga para caracterizar a su tráfico.
- Se puede trabajar en todos los climas existentes, solo es necesario los datos horarios requeridos por el método.
- Se puede introducir una gran diversidad de materiales al diseño.

- Altos rangos estructurales de diseño y rehabilitación.
- Considera simultáneamente múltiples criterios de desempeño (fisuramiento longitudinal, fisuramiento térmico, ahuellamiento, fatiga e IRI para pavimentos flexibles)
- Es un procedimiento iterativo. Una sección de ensayo se define y se evalúa por su rendimiento previsto en contra de los criterios de desempeño. Si el resultado no es satisfactorio, la sección se modifica y se vuelve a analizar hasta que se alcanza un diseño aceptable.
- Mejor predicción de daños, por el uso del método mecanístico.
- Funcionamientos basados en deterioros y calidad de la carretera.
- Guía mejorada para el diseño de rehabilitación de pavimentos.
- Manejo mejorado de efectos climáticos y diseños de seguridad.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Vida Útil de Diseño.

“La vida útil del diseño de un pavimento nuevo, reconstruido o rehabilitado es el tiempo transcurrido desde la construcción inicial hasta que el pavimento se ha deteriorado estructuralmente a tal punto que requiere de una reconstrucción o rehabilitación importante. La vida útil de un diseño de prueba en particular va desde la construcción inicial de cualquier pavimento hasta que se alcance una condición crítica predefinida para el pavimento. El software puede trabajar con vidas útiles de entre un año y 99 años” (Tafur, 2014, p. 9).

2.3.2 Límite de Resistencia.

El límite de resistencia se define como la tensión o deformación por tracción bajo la cual ocurren daños por fatiga no asociados a la aplicación de cargas. El MEPDG considera el límite de resistencia como una propiedad del material para las capas del Pavimento, la cual se ingresa en el programa por el diseñador (AASHTO, 2008).

2.3.3 Daño Incremental.

El daño incremental consiste en una relación definida por el número real de aplicaciones de carga por neumático, dentro de un intervalo de tiempo, y para un nivel de carga y tipo de eje específico, dividido entre el número admisible de aplicaciones de carga por neumático (AASHTO, 2008).

2.3.4 Pavimento de Larga Vida.

Son aquellos pavimentos flexibles o rígidos que han sido diseñados para una vida de servicio de 50 años de duración o más. Los pavimentos de larga vida útil también son conocidos como pavimentos perpetuos (AASHTO, 2008).

2.3.5 Confiabilidad del Diseño de Prueba.

“Es la probabilidad de que el indicador del desempeño pronosticado en el diseño de prueba no supere los límites establecidos dentro del periodo de análisis del diseño” (Tafur, 2014, p. 10). La confiabilidad del diseño consiste en la probabilidad de que el pavimento no exceda los criterios de deterioro preestablecidos en cierto diseño de tránsito (AASHTO, 2008).

2.3.6 Función de Transferencia.

Según Tafur (2014) “La función de transferencia es la parte empírica del modelo de predicción de deterioro que relaciona el parámetro crítico de respuesta del pavimento con su deterioro, ya sea directamente o a través del concepto de daño” (p. 10).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis de la investigación

3.1.1 Hipótesis general.

- Se podrá obtener un diseño racional y económico aplicando los conceptos de diseño empírico-mecanicista y determinar el desempeño del pavimento con datos de entrada al nivel 1.

3.1.2 Hipótesis general alterna.

- La inconsistencia de los datos existentes dificulta obtener el diseño del pavimento, por ende, no se podrá estimar el desempeño del pavimento para los datos de entrada requeridos al nivel 1 en la metodología MEPDG.

3.1.3 Hipótesis específicas.

- Se obtendrá un modelo climático EICM para el distrito de Juliaca con fines de diseño para pavimento flexible aplicando la metodología MEPDG.
- Se realizará la caracterización vehicular de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para cumplir con los datos de entrada requeridos al nivel 1 en la metodología MEPDG.
- Se alcanzará determinar las características que presenta el suelo de fundación de la Av. Circunvalación Este para el tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000) para que cumpla con los datos de entrada requeridos al nivel 1.
- Se pueden disminuir las deficiencias conocidas en el método de diseño AASHTO 93 con base en un estudio comparativo económicamente al diseñar el paquete estructural del pavimento flexible a través del método mecanístico empírico MEPDG.

3.1.4 Hipótesis específicas alternas.

- En vista de que no se cuenta con los datos de una estación meteorológica ubicada en la zona de estudio (Av. Circunvalación del tramo Ovalo Pedro Vilcapaza hasta la Av. Las Américas progresiva 00+000 – 01+000), por lo que será tomaran los datos del SENAMHI que cuenta con estaciones meteorológicas en Juliaca.
- La suposición es que un cierto porcentaje de vehículos que transitan por la ruta Juliaca – puno y puno – Juliaca. Pasan por la Avenida Circunvalación Este en consecuencia esos pesos y medidas se utilizarán de la estación de pesaje de la empresa COVISUR.
- Considerando algunos datos de entrada del material al software de la metodología MEPDG, requiere de ensayos que tienen un elevado costo además no se cuenta los equipos, en consecuencia, se tomaran algunos datos según la recomendación de la guía AASHTO 2008.

3.2 Variables de la investigación

3.2.1 Identificación de las variables.

3.2.1.1 Variables Independientes.

- Espectros de carga
- Modelo climático
- Estudio de suelo

3.2.1.2 Variables Dependientes.

- Desempeño del pavimento con la metodología MEPDG.

3.2.2 Operacionalización de las variables.

Tabla 27.

Operacionalización de Variables.

VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIONES	ESCALA
<u>Variable Dependiente:</u> <u>W Nivel de</u> <u>desempeño del</u> <u>pavimento con la</u> <u>metodología MEPDG.</u>	Ingreso de Datos	Información	
	Diseño preliminar	Espesores	
	Respuesta estructural	esfuerzo, deformación y deflexiones	Nivel 1
	Daño acumulado	Desempeño	Nivel 2
	Modelos calibrados de daño	Fallas IRI	Nivel 3
<u>Variable</u> <u>Independiente: X</u> <u>Modelo climático.</u>	Verificación de desempeño	Criterio de falla	
	Precipitación.	pulg.	
	Temperatura del aire	°F	
	Viento	millas/h	Nivel 1
	Nivel Freático	Pie	Nivel 2
	Salida y Puesta del Sol	Hora en decimal	Nivel 3
	Humedad Relativa	%	
	Radiación Solar	ft2*día	
	Coordenadas Geodésicas	Ft	
	TMDAC	AVC	
<u>Variable</u> <u>Independiente: Y</u> <u>Caracterización del</u> <u>tránsito de vehículos.</u>	% Dirección de diseño	AVC	
	Carril de diseño	AVC	
	Velocidad de operación	Externo	Nivel 1
	F.A Mensual	AVC	Nivel 2
	F.D. por tipo de vehículo	AVC	Nivel 3
	F.D. horario	WIM	
	F. Crecimiento de tráfico	AVC	
	F.D. carga por eje	WIM	
	Entradas generales de tránsito	Externo	
<u>Variable</u> <u>Independiente: Z</u> <u>Estudio de Suelo.</u>	Capacidad Portante del suelo	CBR	95% - 100%

3.3 Tipo de investigación

El proyecto adopta el nivel cuasi experimental de investigación. Ya que se verificará el conteo del flujo vehicular, ensayos para determinar el CBR de diseño y entre otros datos para determinar características esenciales para realizar el diseño del pavimento en la vía Av. Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.

- CUASI EXPERIMENTAL
- EXPLICATIVO – DESCRIPTIVO Y COMPARATIVO

3.4 Diseño de la investigación

Tabla 28.

Diseño de la Investigación.

Objeto de Estudio	Estímulo	Estímulo	Estímulo	Medición 1
Pavimento en la ciudad de Juliaca.	X	Y	Z	W

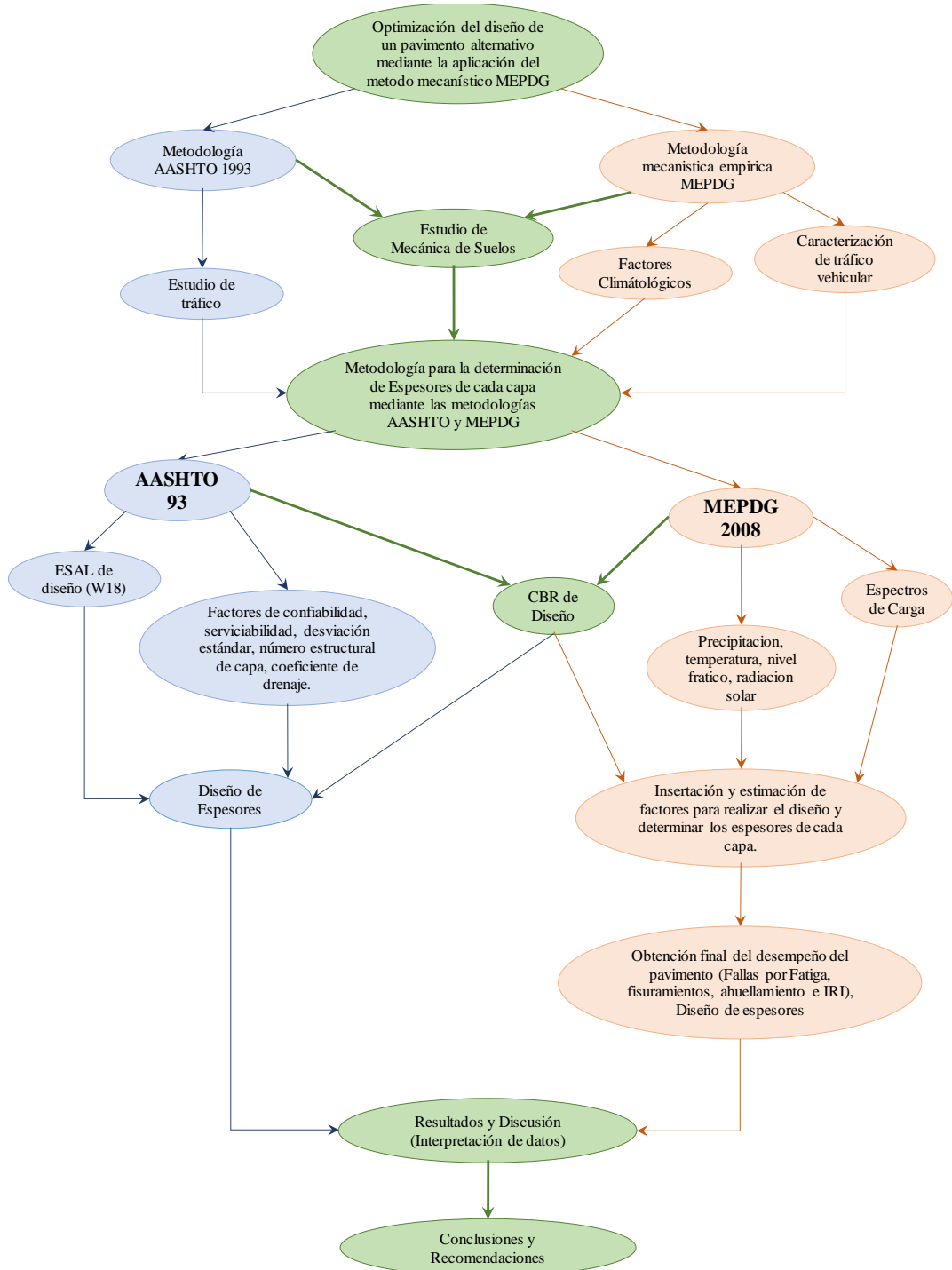


Figura 33. Diagrama de Flujo.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población.

Pavimentos flexibles

3.5.2 Muestra.

“Av. Circunvalación Este, tramo Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000 km)”

3.5.2.1 Cálculo de las unidades de muestreo.

Se ha dividido la vía en unidades de muestreo, delimitadas por la progresiva inicial y la progresiva final, ejemplo un punto de investigación corresponde a Km 00 + 000 hasta Km 00 + 167.

El número mínimo de puntos de investigación para la unidad de muestreo tiene un rango de 2000 m² para vías arteriales según la (Norma CE.010 pavimentos urbanos, p. 14).

Para el ancho de carril de 12 m se tuvo una longitud de muestra de 167 m, equivalente a un área por unidad de muestra de 2000 m² que está dentro del rango citado anteriormente.

La longitud total que corresponde a la zona de estudio es de 01 + 000 km con un ancho de 12 m, contándose con un área total de 12000 m². Por lo que para el cálculo de la cantidad de unidad de muestra se realizara la división del área total entre el área por unidad de muestra, siendo 6.00 la cantidad de unidad de muestra.

$$N = \frac{A_T}{A_U}$$

N = 6.00.

Según la norma CE.010 pavimentos urbanos (2010), “se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en la Tabla 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo de subrasante” (p. 14).

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Instrumentos.

- Ficha de resumen de resultados. Software MEPDG.

Esta ficha es determinada por el software MEPDG, una vez cuando el diseño es terminado.

- Fichas de información climatológica.

De acuerdo al ANEXO D.2.1, se ha determinado los parámetros del clima de los parámetros obtenidos de la estación meteorológica del SENHAMI.

- Ficha de conteo vehicular.

La ficha como se observa en el ANEXO D 1.1, se utilizó para realizar el conteo vehicular.

- Ficha para la configuración de ejes gráficamente.

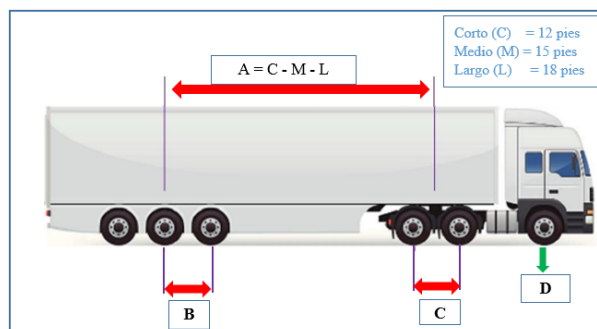


Figura 34. Configuración de sistemas de camiones gráficamente para diseño de pavimentos.

Nota: Fuente, Vivanco (2016).

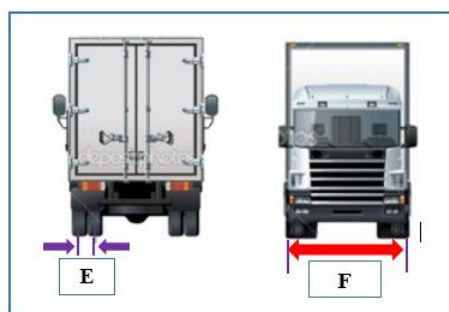


Figura 35. Configuración de ejes de camiones gráficamente para diseño de pavimentos.

Nota: Fuente, Vivanco (2016).

- Ficha de obtención de datos de tráfico para la configuración de ejes de camiones.

Como se observa en las figuras 34 y 35, la configuración gráfica nos sirve para poder diferenciar los camiones de acuerdo a su tamaño, los datos obtenidos de la configuración grafica se ingresa en el ANEXO D. 1.4, para poder realizar la configuración de ejes para camiones a partir de clase 4.

- Parámetros necesarios para ejecutar el EICM para cada nivel de análisis

De acuerdo a los datos obtenidos de SENAMHI, se determina los parámetros para ejecutar el EICM, donde cada uno de los parámetros requieren estudio mediante ensayos en laboratorio, en el caso de no contar con los equipos necesarios en la región, se recurren de

acuerdo a los niveles de entrada de datos donde se tendrá que especificar acorde a la metodología mecanicista empírica MEPDG.

3.7 Proceso de recolección de datos

Para recoger los datos se realizarán estudio de tráfico, estudios de suelo y estudios hidrológicos.

3.8 Diseño de pavimento con método AASHTO 93

3.8.1 Determinación del CBR de diseño.

En la siguiente tabla se muestra los CBR obtenidos del tramo en estudio Av. Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca tramo: (Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas).

Tabla 29.

Determinación del CBR de diseño.

Número de muestra	CBR 95%	CBR 95% > A <	VAORES MAYORES	% VALORES MAYORES O IGUALES
01	12.40	12.40	1.00	16.67
02	10.07	10.50	2.00	33.33
03	10.50	10.07	3.00	50.00
04	8.10	8.76	4.00	66.67
05	7.35	8.10	5.00	83.33
06	8.76	7.35	6.00	100.00

Con los datos obtenidos se procede a realizar la gráfica, y en función al valor percentil escogido se determina el CBR de diseño. Para esto se toma el valor CBR para un porcentaje de 87.5% del percentil (Ver Tabla 2), ya que nuestro transito esperado es ($> 10^6$ ejes equivalentes). En la siguiente gráfica se observa la correlación del CBR.

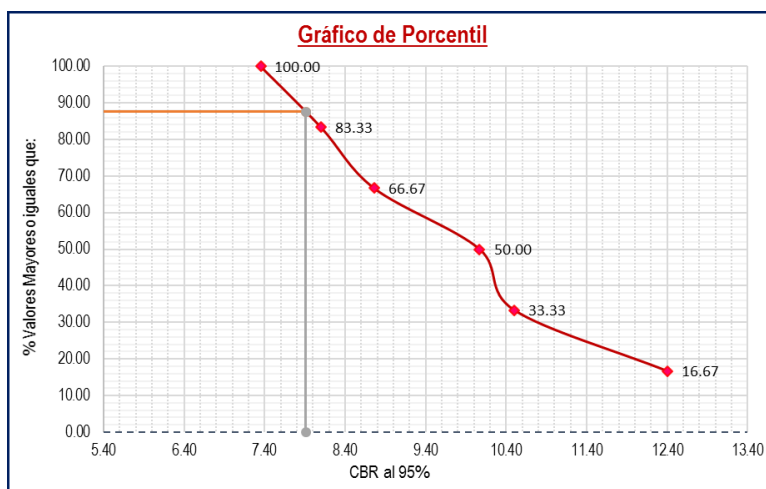


Figura 36. Cálculo de CBR de diseño.

Mediante esta correlación se pudo obtener que el CBR de diseño es de 7.91%.

Según la (Tabla 1) para la clasificación del CBR se observa que la calidad del suelo de sub rasante existente es clasificada como S2: sub rasante Regular, puesto que se trata de un suelo limo arcilloso, cuya capacidad de soporte está próximo a llegar al límite.

Por lo tanto, según MTC Sección suelos y Pavimentos (2014) afirma: “Los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, en una profundidad no menor de 0.60m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR > 6\%$. En caso de que el suelo tenga un $CBR < 6\%$, corresponde estabilizar los suelos.” (p. 20)

En vista de que el CBR de diseño mantiene un valor cercano al límite inferior, se ha proseguido a realizar un mejoramiento realizando una mezcla con el material de cantera TAPARACHI, obteniendo como resultado final de un “ $CBR = 13.54 \%$ de la Subrasante” (VER ANEXO E. 1.9).

3.8.2 Parámetros para el diseño.

- ✓ Periodo de diseño (n):

Según la (Tabla 4), optándose por una carretera de tipo pavimentada con un nivel bajo de tránsito, se ha determinado que el:

Periodo de diseño (n) = 20 años

- ✓ Capacidad de soporte del suelo (CBR).

Según la (Figura 36), el valor de **CBR de diseño (%) = 7.91 %**

CBR mejorado = 13.54 % (Ver Anexo E. 1.9)

- ✓ El módulo de resiliencia de la subrasante (M_r).

Según la (Ecuación 4), el módulo resiliente (**M_r**) = **13,540.00 psi**

- ✓ Cantidad de ejes equivalentes (ESAL de diseño) para cierto periodo de diseño.

ESAL de diseño, **W18 = 1.49E+07 veh/día** (ver Tabla 30)

Tabla 30.

Determinación de ESAL (W18).

	S	P	IMDA	Rt	n	IMD	FS	FC	FEE	FP	Fvp	N	FCA	N Rep EE
Auto	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	758	0.5	0.5	0.0122	1.36	1	365	28.28	32453.50
Pick Up	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	519	0.5	0.5	0.0134	1.36	1	365	28.28	24412.32
Rural Combi	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	920	0.5	0.5	0.0220	1.36	1	365	28.28	71055.33
Micro	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	36	0.5	0.5	1.0000	1.36	1	365	28.28	125973.86
Bus (B2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	30	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70	538940.77
Bus (B3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	44	0.5	0.5	2.6313	1.36	1	365	31.70	456653.98
Camión (C2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	205	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70	3626994.75
Camión (C3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	88	0.5	0.5	3.2846	1.36	1	365	31.70	1130738.43
Camión (C4)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	12	0.5	0.5	2.7736	1.36	1	365	31.70	125840.27
Semitrayler (T2S1/T2S2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	9	0.5	0.5	6.5229	1.36	1	365	31.70	229363.24
Semitrayler (T2- S3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	22	0.5	0.5	6.2097	1.36	1	365	31.70	538833.07
Semitrayler (T3S1/T3S2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	19	0.5	0.5	5.3038	1.36	1	365	31.70	391042.14
Semitrayler >= T3S3	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	7	0.5	0.5	4.9906	1.36	1	365	31.70	138689.31
Trayler (C2-R2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	10.9802	1.36	1	365	31.70	0.00
Trayler (C2-R3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70	0.00
Trayler (C3-R2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70	0.00
Trayler (C3-R3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	8.5421	1.36	1	365	31.70	0.00
ESTUDIO PARA 12 hrs													7,430,990.96	
PROYECTADO A 24 hrs													14,861,981.92	

- ✓ Índice de serviciabilidad.

Según la (Tabla 14) considerando un tráfico (TP11), el valor de **Pi = 4.00**

Según la (Tabla 15) considerando un tráfico (TP11), el valor de **Pt = 2.50**

Según la diferencia entre ambos, el valor de $\Delta \text{PSI} = 1.50$

- ✓ Confiabilidad (R).

Según la (Tabla 13), con los datos de ejes equivalentes acumulados se obtiene un tráfico tipo (TP11), por lo que la confiabilidad: **R = 90%**

- ✓ Desviación estándar (ZR)

Según la (Tabla 16) considerando un tráfico (TP11), **ZR = -1.282**

- ✓ Error estándar (So):

Para pavimentos flexibles 0.40-0.50 según la (Tabla 17)

$$\text{So} = 0.45$$

3.8.3 Memoria de cálculo.

- ✓ Cálculo del Número Estructural

Según el nomograma de la (Figura 12) se tiene: **SN aprox. = 4.44**

Este valor debe ser ajustado aplicando la (Ecuación 9) de cuyo resultado se obtuvo que:

$$\text{SN requerido} = 4.436$$

- ✓ Numero estructural para proteger cada capa

Según el monograma de la (Figura 12), para el módulo resiliente $M_r = 18,000$ para proteger la sub base granular $\text{SN} = 3.986$ y para módulo resiliente $M_r = 30,000$ el valor de SN_1 es de 2.210 para proteger la base granular.

Base granular	$\text{SN}_1 =$	2.210	Para proteger la base granular
Sub base granular	$\text{SN}_2 =$	3.986	Para proteger la sub base granular
Sub rasante	$\text{SN}_3 =$	4.436	Para proteger la sub rasante

- ✓ Coeficientes de capas:

Carpeta Asfáltica: $E = 430,000$; **a1 = 0.44** (de la Figura 9)

Base Granular: $\text{CBR} = 104 \%$; **a2 = 0.14** (de la Figura 10)

Sub Base Granular: CBR 65.8 %; **a3 = 0.13** (de la Figura 11)

✓ Coeficientes de drenaje:

Las condiciones de drenaje asumidas para el diseño son de Calidad Regular (Ver Tabla 18), y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación son de 5% – 25% (Ver Tabla 19), para las capas de la base y sub base granular. Con la relación de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo expuesto se obtiene un promedio donde:

Drenaje para Base Granular: **m2 = 0.90** (De la Tabla 19)

Drenaje para Sub Base Granular: **m3 = 0.90** (De la Tabla 19)

✓ Cálculo de Espesores

- a. Asumiendo que la carpeta asfáltica se encuentra cimentada sobre la base granular con un $M_r = 30,000$ psi.

Según la (Ecuación 21): **D1 = 5.08plg** adoptándose **D1 = 5.10plg**

Entonces el SN'1 Absorbido por el concreto asfáltico será, según la (Ecuación 22): **SN'1 = 2.22**

- b. Ahora se asume que la base granular se cimienta sobre la sub base granular con módulo resiliente de 18,000 psi:

Mediante la aplicación de la (Ecuación 23) se tiene: **D2 = 11.68plg**
adoptándose **D2 = 12plg**

Entonces el SN'2 Absorbido por la base granular será, según la (Ecuación 24):
SN'2 = 1.51

- c. Ahora se asume que la sub base granular se cimienta sobre la subrasante con módulo resiliente de 13,540 psi:

Según la (Ecuación 25): **D3 = 7.35plg** adoptándose **D3 = 7.50plg**

Entonces el SN'3 Absorbido por la sub base será, según la (Ecuación 26): **SN'3 = 0.88**

- d. Verificación del número estructural

Según la (Ecuación 27) obtiene: **4.608 >= 4.436**

3.9 Diseño de pavimento flexible con método mecanístico empírico MEPDG

En esta sección se pretende ilustrar el procedimiento a seguir para realizar el diseño de pavimento flexible mediante el método mecanístico empírico MEPDG, mediante el uso de una herramienta electrónica (Software MEPDG).

Nota: para las variables de tráfico se desarrollarán al nivel 1 determinada en la (Sección 3.9.2 del Cap. III), y datos climáticos desarrollados en la (Sección 3.9.3 del Cap. III), siendo este el archivo digital “Juliaca-DZ.13.icm”.

Para realizar el análisis con el método MEPDG, se propone un diseño preliminar mediante cualquier otro método, por lo que para esta prueba se asumirán los espesores obtenidos del método AASHTO 1993 (Ver Tabla 55).

3.9.1 Datos generales de entrada.

3.9.1.1 Información general del proyecto.

- ✓ Periodo de diseño: **20 años**
- ✓ Mes de construcción de la base y subbase: Septiembre de 2019
- ✓ Mes de construcción del pavimento: Noviembre de 2019
- ✓ Mes de apertura de tráfico: Enero de 2020
- ✓ Tipo de pavimento: Pav. Flexible

3.9.1.2 Identificación del sitio/proyecto.

- ✓ Localización: Juliaca – San Román
- ✓ Identificación del proyecto: Tesis – Pav. Flexible
- ✓ Identificación de la sección: Av. Circunvalación Este (Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas)
- ✓ Formato de la estación/marca: Longitud (km)
- ✓ Comienzo de estación/marca: 00+00
- ✓ Fin de estación/marca: 01+00

3.9.1.3 Parámetros de análisis.

En esta sección se presentan los criterios de diseño o valores umbrales según la (Tabla 31), siendo estos parámetros al nivel primario, en la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos:

Tabla 31.

Parámetros de diseño para modelos de predicción.

N°	Tipos de falla	Nivel crítico o valor máximo al final de la vida útil de diseño
		Vías Primarias
1	IRI	200 plg/milla
	Índice de rugosidad inicial	(3.16 m/Km)
2	Longitud de fisuramiento longitudinal	2120 pies/milla
	AC Surface Down Cracking	(400 m /km)
3	Fisuramiento piel de cocodrilo	10% (área del carril)
	AC Bottom Up Cracking	
4	Longitud de fisuramiento transversal	800 pies/milla
	AC Thermal Fracture	(150 m/Km)
5	Profundidad de ahuellamiento	0.30 plg
	Permanent Deformation	(8mm)

3.9.2 Datos de tráfico.

La recolección de información de tráfico es muy extensa y detallada para la metodología MEPDG, los datos utilizados en esta metodología fueron de información diaria de conteo vehicular además datos horarios de pesaje.

3.9.2.1 Organización de datos de pesaje y conteo vehicular.

✓ Pesaje vehicular

Para la información de pesaje vehicular fue obtenida de la estación de pesaje de COVISUR generada en archivo PRN, el cual disponía de información de pesaje de un día, el cual se pasó a un archivo en XSL (Excel) esto con el fin correlacionar con los datos de conteo de un año brindada por la estación de pesaje COVISUR Además para que más adelante se procesó las variables de tráfico y los espectros de carga.

Los datos de pesaje como ejemplo (ver Figura 37) brindada por la estación de pesaje COVISUR, muestra información del lugar, día, fecha, hora, tipo de vehículo, peso bruto, peso total útil, además los pesos de cada eje, para visualizar la información completa (VER ANEXO D. 1.3).

DATOS DE ESTACION DE PESAJE.prn: Bloc de no

Archivo

Edición

Formato

Ver

Ayuda

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA

CARRETERA DE JULIACA - PUNO

VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500

DIA : Domingo

AÑO : 2017

SENTIDO : Ambos

Hora	Tipo de ve	Peso Bruto	Peso T. ut	Origen	Destino	Peso de ejes sin carga							Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE	SIMEJE	TANDEMEJE	TRIDEM				EJE	SIMPLEEJE	TANDEMEJE	TRIDEM			
01:02	T3S3	8.300	25.000	Lima	Puno	7	18		25				3.5	21.500		33.300			
01:07	C2	8.430	30.570	Lima	Puno	0	0						3.6	19.430					
01:12	T3S2	3.000	4.800	Juliaca	Puno	7	18		18				3.7	21.300		21.000			
01:15	T3S3	0.000	45.000	Lima	Santa Cruz	7	18		25				3.8	21.200		25.000			
01:34	C3	17.000	31.000	Lima	Puno	7	18						3.9	21.100					
01:38	C2	9.100	15.500	Juliaca	Yunguyo	0	0						4	14.000					
01:43	T3S3	2.700	3.800	Juliaca	Puno	7	18		25				4.1	20.900		27.700			
01:49	T2S3	4.650		Cuzco	Puno	7	11		25				4.2	13.800		29.650			
01:53	T3S3	8.484	25.000	Arequipa	Puno	7	18		25				4.3	20.700		33.484			
01:57	C2	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	0	0						4.4	13.600					
02:12	T3S3	8.950	30.050	Lima	Puno	7	18		25				4.5	20.500		33.950			
02:17	T3S3	0.900	1.215	puno	Puno	7	18		25				3.6	21.400		25.900			
02:24	C2	8.950	30.050	Lima	Puno	0	0						3.7	14.300					
02:32	T3S3	16.000	27.000	Lima	Puno	7	18		25				3.8	21.200		41.000			
02:43	C3	3.620	4.180	Juliaca	Puno	7	18						3.9	21.100					
02:45	T3S2	9.900	29.100	Arequipa	Desaguader	7	18		18				4.1	20.900		27.900			
02:54	C2	8.990	16.010	Puno	Juliaca	0	0						4.2	13.800					
02:59	T2S3	17.000	30.000	Arequipa	Puno	7	11		25				4.3	13.700		42.000			
03:06	C2	4.500	10.000	Puno	Tiquillaca	0	0						4.8	13.200					
03:14	T3S3	7.050	5.900	Puno	Arequipa	7	18		25				4.7	20.300		32.050			
03:21	C2	2.515	3.200	Puno	Paucarcoll	0	0						4.6	13.400					
03:23	C2	2.650	4.000	Puno	Cuzco	0	0						4.5	13.500					
03:44	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	7	11		25				4.4	13.600		36.000			
03:54	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	7	18		25				4.3	20.700		28.330			
04:23	B2	45.000	80.000	Desaguader	Juliaca	7	11						4.2	13.800					
04:25	B3-1	28.000	5.000	Ilave	Juliaca	7	23						4.1	25.900					
04:32	B3-1	4.500	6.223	Puno	Totorani	7	23						7	23.000					
04:39	B2	11.180	15.820	Puno	Patallani	7	11						4.5	13.500					
04:43	T3S3	7.500	29.000	Puno	Arequipa	7	18		25				4.4	20.600		32.500			
04:48	B2	7.260	9.120	Puno	Juliaca	7	11						4.3	13.700					
04:52	B2	2.577	4.923	Puno	Juliaca	7	11						4.2	13.800					
04:57	T3S3	16.000	32.000	Desaguader	Lima	7	18		25				3.6	21.400		41.000			
05:02	T3S2	7.185	17.309	Lima	Puno	7	18		18				3.7	21.300		25.185			
05:05	B2	3.060	2.000	Puno	Totorani	7	11						3.8	14.200					
05:08	T3S3	5.534	31.966	Arequipa	Puno	7	18		25				3.9	21.100		30.534			

Figura 37. Datos de pesaje vehicular facilitada por la estación de pesaje COVISUR.

Fuente: Estación de pesaje COVISUR.

✓ Conteo vehicular

La información de clasificación vehicular facilitada por la estación de pesaje COVISUR fueron entregados en un archivo PRN donde el cual presentaba la información de conteo vehicular mensual de dos años (2017 – 2018) exactamente requeridos por la metodología MEPDG (ver Figura 38), para ver la información completa de la clasificación y conteo vehicular (VER ANEXO D. 1.2), en seguida se procedió a pasar a un archivo XSL (Excel) para su respectivo procesamiento de datos.

CONTEO VEHICULAR COVISUR

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA

CARRETERA DE JULIACA - PUNO

VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN: Ingreso Caracoto Km. 1323+500

AÑO : 2017 - 2018

SENTIDO : Ambos

CONTEO VEHICULAR - AÑO 2017

Nº	Días	Mes	2	EJES3	EJES4	EJES5	EJES6	EJES7	EJES	NC	TOTAL
1	31	ENERO	68513	36968	9158	21147	53428	53	8935	198,202	
2	28	FEBRERO	86951	46669	11185	27466	67087	36	7704	247,098	
3	31	MARZO	66382	33961	8565	20057	50094	55	7926	187,040	
4	30	ABRIL	60356	31838	8261	19587	47967	43	6429	174,481	
5	31	MAYO	64280	33713	8922	21026	52431	69	7641	188,082	
6	30	JUNIO	62519	33098	9082	20924	53400	58	7682	186,763	
7	31	JULIO	63658	34569	9213	22077	55088	61	8283	192,949	
8	31	AGOSTO	66497	36916	9491	21506	56013	58	9097	199,578	
9	30	SEPTIEMBRE	62836	33760	9129	20623	53054	60	8562	188,024	
10	31	OCTUBRE	69065	37568	9166	21503	56205	134	7705	201,346	
11	30	NOVIEMBRE	64466	37417	9482	22459	57365	163	7814	199,166	
12	31	DICIEMBRE	68178	38976	10027	23536	62334	153	8513	211,717	

CONTEO VEHICULAR - AÑO 2018

Nº	Días	Mes	2	EJES3	EJES4	EJES5	EJES6	EJES7	EJES	NC	TOTAL
1	31	ENERO	70119	38100	9874	22042	52049	45	4220	196,449	
2	28	FEBRERO	85069	47947	10439	26476	68671	28	3007	241,637	
3	31	MARZO	67955	32874	9272	20935	51424	63	3226	185,749	
4	30	ABRIL	58873	32893	8963	18715	49265	52	1751	170,512	
5	31	MAYO	65822	32629	9634	21920	53795	112	2945	186,857	
6	30	JUNIO	64034	34173	8367	21816	52021	78	2986	183,475	
7	31	JULIO	62125	35666	9929	22987	56493	123	3578	190,901	
8	31	AGOSTO	68073	38048	8771	22407	57432	67	4379	199,177	
9	30	SEPTIEMBRE	64356	34844	9843	19736	54428	69	3852	187,128	
10	31	OCTUBRE	70679	38709	8451	22403	57626	123	3008	200,999	

Figura 38. Datos de conteo vehicular facilitada de la estación de pesaje COVISUR.

Nota: Fuente, estación de pesaje COVISUR.

Según la figura mostrada, la información corresponde al conteo de tráfico de ambos sentidos (Sur y Norte).

3.9.2.2 Recopilación de información para parámetros de tráfico.

La información brindada por la estación de pesaje de COVISUR se encuentra clasificada según la configuración de vehículo peruano en el cual a pesar que se tiene información de dos años la cantidad de camiones no abarcan la totalidad de configuraciones de camiones disponibles según el reglamento nacional de vehículos, sin embargo, a pesar de contar con cierta cantidad de vehículos se procesó los datos adecuando de la clasificación peruana a clasificación FHWA (EE. UU).

Según la clasificación FHWA (EE. UU) de la metodología MEPDG considera vehículos pesados (desde clase 4 a clase 13), debido a que estos camiones son los que causan daños considerables al pavimento en cambio los vehículos livianos (clase 1 a clase 3) causan daños mínimos en el pavimento.

3.9.2.2.1 Generación de la información de tráfico para el año base.

La estación de pesaje COVISUR es la única estación que se consideró para la generación de los parámetros de tráfico necesarios para la metodología MEPDG, debido a que en Juliaca no se cuenta con más estaciones de pesaje cercano.

3.9.2.2.2 Transito medio diario anual de camiones (TMDAC).

Datos de entrada al NIVEL 1:

Se considera dato de entrada al nivel 1, por que el cálculo de TMDAC se determinó en base a la información brindada de la estación de pesaje COVISUR (ver Tabla 32), el cual disponía de dos años (2017-2018), del cual se determinó el tráfico de camiones en ambos sentidos para el cálculo del año base de dos años.

Tabla 32.

Datos al 10% de estación de pesaje (2017) del conteo vehicular.

N°	Días	Mes	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	TOTAL	TMDAC/mes
1	31	ENERO	5,727	3,083	1,109	385	1,087	1,607	3,045	581	2,297	5	18,927	611
2	28	FEBRERO	7,250	3,913	1,400	470	1,358	2,087	3,824	749	2,885	4	23,939	855
3	31	MARZO	5,452	2,987	1,019	360	1,005	1,524	2,855	550	2,154	6	17,911	578
4	30	ABRIL	5,011	2,716	955	347	951	1,489	2,734	536	2,063	4	16,805	560
5	31	MAYO	5,328	2,893	1,011	375	1,013	1,598	2,989	576	2,255	7	18,044	582
6	30	JUNIO	5,202	2,813	993	381	1,007	1,590	3,044	575	2,296	6	17,908	597
7	31	JULIO	5,340	2,865	1,037	387	1,041	1,678	3,140	604	2,369	6	18,467	596
8	31	AGOSTO	5,617	2,992	1,107	399	1,099	1,634	3,193	592	2,409	6	19,048	614
9	30	SEPTIEMBRE	5,254	2,828	1,013	383	1,022	1,567	3,024	568	2,281	6	17,946	598
10	31	OCTUBRE	5,787	3,108	1,127	385	1,100	1,634	3,204	589	2,417	13	19,364	625
11	30	NOVIEMBRE	5,530	2,901	1,123	398	1,109	1,707	3,270	615	2,467	16	19,135	638
12	31	DICIEMBRE	5,819	3,068	1,169	421	1,161	1,789	3,553	645	2,680	15	20,320	655
TOTAL POR CLASE			67,316	36,167	13,064	4,691	12,953	19,905	37,875	7,179	28,572	94	227,816	626

Nota: Fuente, elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados de conteo vehicular de la estación de pesaje COVISUR.

Según la (Tabla 32 y 33) se muestra el volumen de camiones el cual incrementa en la vía Juliaca – Puno en ambos sentidos, el aumento es constante donde llega a su máximo los fines e inicio de año (Diciembre – Enero).

Tabla 33.

Datos al 10% de estación de pesaje (2018) del conteo vehicular.

N°	Días	Mes	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7	Clase 8	Clase 9	Clase 10	Clase 11	Clase 12	Clase 13	TOTAL	TMDAC/mes
1	31	ENERO	5,973	3,216	1,157	401	1,134	1,676	3,176	606	2,396	6	19,741	637
2	28	FEBRERO	7,562	4,081	1,460	490	1,417	2,177	3,988	781	3,009	4	24,969	892
3	31	MARZO	5,686	3,116	1,063	375	1,048	1,590	2,978	574	2,247	6	18,682	603
4	30	ABRIL	5,226	2,833	996	362	992	1,553	2,852	559	2,151	4	17,528	584
5	31	MAYO	5,557	3,017	1,055	391	1,057	1,667	3,117	601	2,351	7	18,820	607
6	30	JUNIO	5,426	2,934	1,036	398	1,050	1,659	3,175	600	2,395	6	18,678	623
7	31	JULIO	5,570	2,988	1,082	404	1,086	1,750	3,275	630	2,471	6	19,261	621
8	31	AGOSTO	5,859	3,121	1,155	416	1,146	1,705	3,330	618	2,512	6	19,867	641
9	30	SEPTIEMBRE	5,479	2,949	1,056	400	1,066	1,635	3,154	592	2,379	6	18,718	624
10	31	OCTUBRE	6,036	3,242	1,176	402	1,147	1,704	3,341	615	2,521	14	20,197	652
TOTAL POR CLASE			58,374	31,496	11,235	4,038	11,143	17,115	32,387	6,174	24,432	65	196,459	648

Nota: Fuente, elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados de conteo vehicular de la estación de pesaje COVISUR.

De acuerdo a la (Tabla 32 y 33), los valores de TMDAC, varia esto es por el hecho de que mientras pasa el tiempo el volumen de camiones pesados esta en crecimiento.

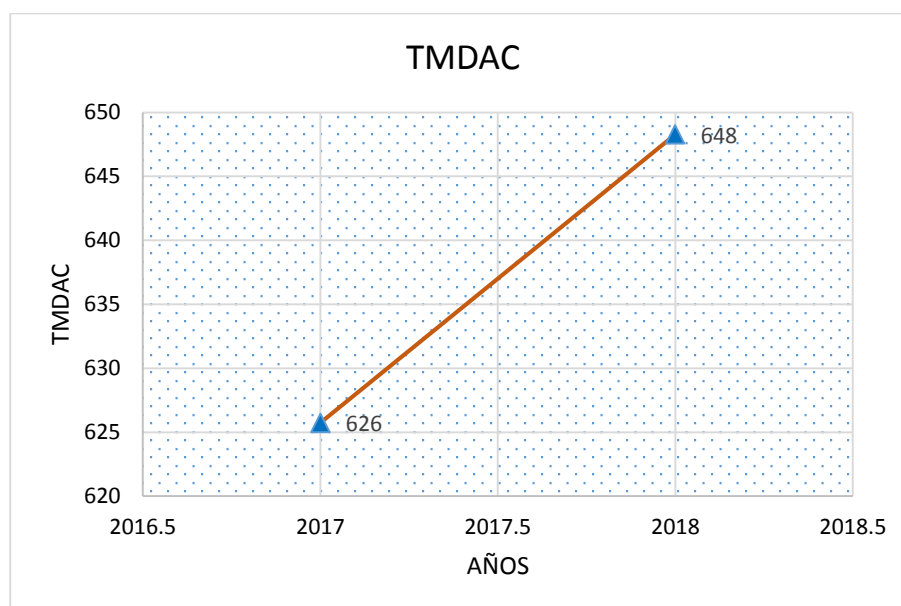


Figura 39. Crecimiento del TMDAC en el transcurso del tiempo, Estación de pesaje COVISUR.

Según la figura mostrada los valores de TMDAC en el transcurso del tiempo esta en un crecimiento constante, el cual indica que la ciudad de Juliaca es el centro de comercialización de diferentes ciudades como Arequipa, Puno, Cusco, Puerto Maldonado, se dice esto porque la ciudad de Juliaca es el eje de circulación de vehículos a distintas ciudades ya mencionadas anteriormente por ello se espera este aumento continuo en el futuro.

por lo cual se proyectó el TMDAC del año 2018 con 648 vehículos pesados con una tasa de crecimiento de 4.6% anual (Fuente INEI).

Hacemos uso de la (Ecuación 13) para proyección de tráfico vehicular según el “manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos” para enero de año 2020, el cual es el año donde se apertura al tráfico para diseño de pavimento (año base) la proyección resulta TMDAC de 677.808 camiones en ambos sentidos.

3.9.2.2.3 Número de carriles en la dirección de diseño.

La avenida Circunvalación Este de Juliaca cuenta con dos calzadas de ambos sentidos (Sur y Norte) donde cada calzada tiene dos carriles de un solo sentido del cual se tomó la calzada del sentido Norte.

3.9.2.2.4 Porcentaje de camiones en la dirección de diseño.

Datos de entrada al NIVEL 1:

Estos datos se obtuvieron de los datos de la estación de pesaje COVISUR en función al conteo vehicular hecho en campo de acuerdo a la metodología MEPDG, por el hecho de que los datos de la estación de pesaje brindaba información de conteo vehicular ambos sentidos.

Los datos de conteo vehicular se ha agrupado de acuerdo al tipo de vehículo para una calzada (sentido Norte), cabe recalcar que al disponer de conteo vehicular en campo de un solo sentido se pudo separar para una sola calzada la cantidad de camiones (Ver Tabla 34).

Tabla 34.

Datos de estación de pesaje en función al conteo de tráfico en campo.

Tráfico 2017 - Norte y Sur			
Tipo de Vehículo	Volumen tráfico		Total ambos sentidos
	Sentido N	Sentido S	
C4	31,909	35,408	67,316
C5	18,276	17,890	36,167
C6	7,131	5,933	13,064
C7	1,795	2,895	4,691
C8	6,428	6,525	12,953
C9	11,197	8,709	19,905
C10	18,937	18,937	37,875
C11	3,190	3,989	7,179
C12	15,812	12,760	28,572
C13	46	48	94

Nota: Fuente, elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados de conteo vehicular de la estación de pesaje COVISUR y al conteo vehicular realizado en campo.

Los camiones de mayor volumen o los mas comunes son de la C-4 y C-10 (Ver Tabla 35), quiere decir que son con mayor incidencia, por lo tanto se tomará para todo el tráfico.

Tabla 35.
Porcentaje de camiones en la dirección de diseño.

Tipo de Vehículo	% Camiones (NORTE)
C4	47%
C5	51%
C6	55%
C7	38%
C8	50%
C9	56%
C10	50%
C11	44%
C12	55%
C13	49%

Nota: Fuente, elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados de conteo vehicular de la estación de pesaje COVISUR y al conteo vehicular realizado en campo.

Como se observa (Tabla 35) los camiones mas comunes se consideró C4 y C10 por lo tanto el valor de porcentaje de camiones en la direccion de diseño es 50% el cual corresponde a la clase 10, por el hecho que esta clase de camion es la mas comun que de la clase 4, asi como indica la guia del MEPDG. Los porcentajes de camiones en la direccion de diseño gráficamente resalta el del camion con mas incidencia (ver Figura 40)

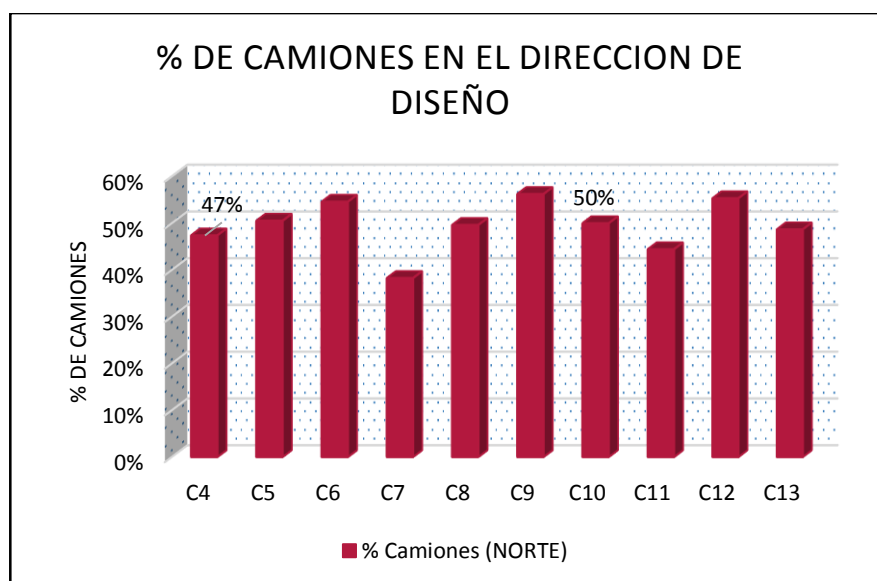


Figura 40. Porcentaje de camiones en la dirección de diseño.

3.9.2.2.5 Porcentaje de camiones en el carril de diseño.

Datos de entrada al NIVEL 3:

El porcentaje de camiones en el carril de diseño se consideró por defecto 50% dada por la guía MEPDG, por el hecho de que no se cuenta con la información de conteo vehicular por carril, solamente se dispone de información vehicular por calzada.

3.9.2.2.6 Velocidad de operación de vehículos.

Datos de entrada al NIVEL 1:

Para determinar la velocidad de operación de vehículos se tuvo que medir el tiempo de transcurso de vehículo en 1 kilómetro, del cual se obtuvo un valor de velocidad de operación 51 Km/h para camiones (Ver Tabla 36).

Tabla 36.

Velocidad de operación de vehículos medida en campo.

SENTIDO	TIEMPO DE DEMORA (minutos)			Longitud (Km)
	TIPOS DE VEHICULOS			
	Auto	Micro / Bus	Camión	
Tiempo promedio Tramo: Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas.	1.1	1.1	1.15	01+000
Tiempo promedio Tramo: Av. Las Américas - Óvalo Pedro Vilcapaza	1	0.95	1.2	01+000
Tiempo promedio (min)	1.05	1.03	1.18	01+000
Velocidad Km/h	57	59	51	

3.9.2.3 Factores de ajuste de volúmenes de tráfico.

3.9.2.3.1 Factor de ajuste mensual.

Datos de entrada al NIVEL 1:

Los factores de ajuste mensual se obtuvieron de acuerdo a los datos de conteo vehicular de la estacion de pesaje Covisur y el conteo vehicular en campo o sitio a caracterizar.

La metodologia MEPDG utiliza el MAF, como una entrada de datos para ver los resultados en el diseño del pavimento y en el desempeño del pavimento.

En la (Tabla 37), muestra valores calculados del MAF de la Av. Circunvalacion Este de Juliaca tramo 00+00 a 01+00, donde se puede notar los camiones de clase 10 (T3S3 Y T3Se3 en Perú) representan la mayor cantidad de camiones (mayor incidencia) sus valores de MAF incrementan de enero a diciembre quiere decir que existe mayor concentracion de camiones T3S3 Y T3Se3 los fines de año.

Tabla 37.

Factor de ajuste mensual (FAM).

Factor Ajuste Mensual (FAM)										
TIPO DE VEHÍCULO	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13
ENERO	1.02	1.02	1.02	0.98	1.01	0.97	0.96	0.97	0.96	0.67
FEBRERO	1.29	1.30	1.29	1.20	1.26	1.26	1.21	1.25	1.21	0.46
MARZO	0.97	0.99	0.94	0.92	0.93	0.92	0.90	0.92	0.90	0.70
ABRIL	0.89	0.90	0.88	0.89	0.88	0.90	0.87	0.90	0.87	0.55
MAYO	0.95	0.96	0.93	0.96	0.94	0.96	0.95	0.96	0.95	0.88
JUNIO	0.93	0.93	0.91	0.98	0.93	0.96	0.96	0.96	0.96	0.74
JULIO	0.95	0.95	0.95	0.99	0.96	1.01	0.99	1.01	0.99	0.78
AGOSTO	1.00	0.99	1.02	1.02	1.02	0.99	1.01	0.99	1.01	0.74
SEPTIEMBRE	0.94	0.94	0.93	0.98	0.95	0.94	0.96	0.95	0.96	0.76
OCTUBRE	1.03	1.03	1.04	0.98	1.02	0.99	1.02	0.99	1.02	1.71
NOVIEMBRE	0.99	0.96	1.03	1.02	1.03	1.03	1.04	1.03	1.04	2.07
DICIEMBRE	1.04	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08	1.13	1.08	1.13	1.95

3.9.2.3.2 Distribución por tipo de vehículo.

Datos de entrada al NIVEL 1: Los valores de distribucion por tipo de vehículo se obtuvieron de acuerdo a los datos de conteo vehicular de la estacion de pesaje Covisur y el conteo vehicular en campo o sitio a caracterizar.

✓ En primer lugar:

Este valor se tomó de del número total de camiones de la calzada sentido Norte, para un año (ver Tabla 38).

Tabla 38.

Distribución por tipo de vehículo.

AÑO - 2017		
Tipo de Vehículo	Volumen de Tráfico	Distribución x tipo de Veh. (%)
C4	31,909	27.8%
C5	18,276	15.9%
C6	7,131	6.2%
C7	1,795	1.6%
C8	6,428	5.6%
C9	11,197	9.8%
C10	18,937	16.5%
C11	3,190	2.8%
C12	15,812	13.8%
C13	46	0.0%
Total de Camiones	114,721	100.00%

✓ **En segundo lugar:**

Los valores calculados para la distribución por tipo de vehículos se representó gráficamente para ver si existe diferencias significativas entre clases de Camiones (ver Figura 41).

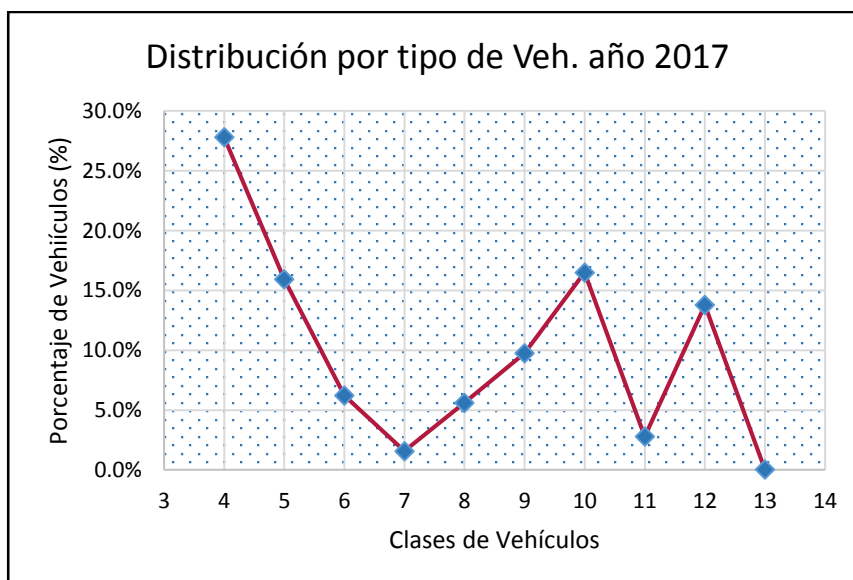


Figura 41. Distribución por tipo de vehículo.

3.9.2.3.3 Factor de distribución horaria de camiones (FDH).

Los valores de factor de distribución horaria de camiones se tomarán por defecto según la guía MEPDG.

3.9.2.3.4 Factor de crecimiento de tráfico.

Los valores de factor de crecimiento de tráfico se determinó de acuerdo al INEI el cual es 4.6 % para vehículos pesados.

3.9.2.4 Espectros de carga.

3.9.2.4.1 Procedimiento para generación de espectros de carga por eje.

Para generar espectros de carga se tomó como muestra camión de clase 7 (C4 y 8x4 en Perú).

✓ En primer lugar.

Para generar los espectros de carga por eje, se consideró la adecuación de los vehículos que transitan en el Perú, según la clasificación vehicular del FHWA es necesario asignar un nombre que identifique a cada eje para poder tener un buen control y manejo de información vehicular, estas asignaciones de nombre a cada eje ver (Figura 6).

✓ En segundo lugar.

En seguida se identificó cada tipo de eje que presentan cada configuración de vehículos pesados que son considerados en esta investigación (Ver Tabla 39).

Tabla 39.
Configuración de ejes de vehículos pesados.

Clase	Configuración Vehicular	Ejes				Tipos de ejes			
		Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
Clase 4	B2	1S	1D			Simple	Simple		
	B3-1	1S	1D-1S			Simple	Tandem		
	B4-1	2S	1D+1S			Tandem	Tandem		
	BA-1	1S	1D	1S		Simple	Simple	Simple	
Clase 5	C2	1S	1D			Simple	Simple		
Clase 6	C3	1S	2D			Simple	Tandem		
Clase 7	C4	1S	2D+1S			Simple	Tridem		
	8x4	2S	2D			Tandem	Tandem		
Clase 8	T2S1	1S	1D	1D		Simple	Simple	Simple	
	T2S2	1S	1D	2D		Simple	Simple	Tandem	
	T2Se2	1S	1D	1D	1D	Simple	Simple	Simple	Simple
	T3S1	1S	2D	1D		Simple	Tandem	Simple	
Clase 9	T2S3	1S	1D	3D		Simple	Simple	Tridem	
	T2Se3	1S	1D	1D	2D	Simple	Simple	Simple	Tandem
	T3S2	1S	2D	2D		Simple	Tandem	Simple	
	T3Se2	1S	2D	1D	1D	Simple	Tandem	Tridem	Simple
Clase 10	T3S3	1S	2D	3D		Simple	Tandem	Simple	
	T3Se3	1S	2D	1D	2D	Simple	Tandem	Simple	Tandem
Clase 11	C2R2	1S	1D	1D	1D	Simple	Simple	Simple	Simple
	C2R3	1S	1D	1D	2D	Simple	Simple	Simple	Tandem
	C3R2	1S	2D	1D	1D	Simple	Tandem	Simple	Simple
Clase 12	C3R3	1S	2D	1D	2D	Simple	Tandem	Simple	Tandem
	C4R2	1S	2D+1S	1D	1D	Simple	Tridem	Simple	Simple
	Bx4R2	2S	2D	1D	1D	Tandem	Tandem	Simple	Simple
Clase 13	C3R4	1S	2D	2D	2D	Simple	Tandem	Tandem	Tandem
	C4R3	1S	2D+1S	1D	2D	Simple	Tridem	Simple	Tandem
	8x4R3	2S	2D	1D	2D	Tandem	Tandem	Simple	Tandem
	8xRr4	2S	2D	2D	2D	Tandem	Tandem	Tandem	Tandem
	T3S2S2	1S	2D	2D	2D	Simple	Tandem	Tandem	Tandem

Nota: Fuente, guía de diseño de pavimentos AASHTO 1993.

✓ **En tercer lugar.**

De acuerdo a la (Figura 37) se trabajó en formato XSL para poder identificar los valores de pesaje de cada eje de acuerdo al nombre que se dio a cada uno luego identificar los pesos de cada eje de distintos camiones (Ver Tabla 40).

Tabla 40.

Formato de datos recibidos de pesaje cambiado a formato XSL.

Hora	Tipo de vehiculo	Peso Bruto	Peso T. util	Origen	Destino	Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE SIMPLE	EJE TANDEM	EJE TRIDEM				
09:32	C4	8.13	47	Arequipa	Cochabamba	3.9					34.000	

Ejemplo tenemos para camión C4 los pesos por eje, donde gráficamente se identificó de la siguiente manera.

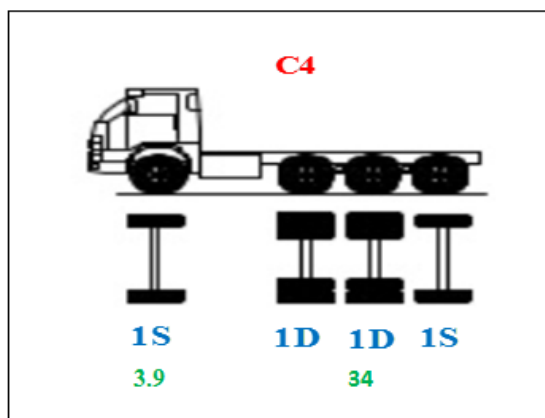


Figura 42. Identificación de peso de cada eje según el nombre dado a cada eje.

El procedimiento mostrado se hizo para todos los tipos de camión controlados en la estación de pesaje COVISUR.

✓ **En cuarto lugar.**

Se procedió a contar el número de ejes para cada rango de cargas para distintos tipos de eje mencionados. Los rangos de cargas son dadas por la guía MEPDG. En seguida mostramos un ejemplo de los rangos además la cantidad de vehículos que corresponden a cada rango (ver Tabla 41).

✓ **En Quinto lugar.**

Se calculó los porcentajes de vehículo de acuerdo a cada tipo de eje según al rango que corresponda (ver Tabla 41).

Tabla 41.

Cantidad de vehículos pesados en cada rango establecido por la guía MEPDG.

CLASE 7											
Eje Simple				Eje Tandem				Eje Tridem			
RANGO		CANTIDAS	%	RANGO		CANTIDAS	%	RANGO		CANTIDAS	%
0.00	-	1.35	0	0	-	2.7	0	0	-	5.4	0
1.35	-	1.8	0	2.7	-	3.6	0	5.4	-	6.75	0
1.8	-	2.25	0	3.6	-	4.5	5	6.75	-	8.1	0
2.25	-	2.7	0	4.5	-	5.4	9	8.1	-	9.45	0
2.7	-	3.15	1	5.4	-	6.3	19	9.45	-	10.8	0
3.15	-	3.6	2	6.3	-	7.2	23	10.8	-	12.15	0
3.6	-	4.05	3	7.2	-	8.1	28	12.15	-	13.5	1
4.05	-	4.5	6	8.1	-	9	9	13.5	-	14.85	1
4.5	-	4.95	5	9	-	9.9	8	14.85	-	16.2	2
4.95	-	5.4	6	9.9	-	10.8	9	16.2	-	17.55	3
5.4	-	5.85	6	10.8	-	11.7	12	17.55	-	18.9	4
5.85	-	6.3	9	11.7	-	12.6	12	18.9	-	20.25	5
6.3	-	6.75	12	12.6	-	13.5	10	20.25	-	21.6	6
6.75	-	7.2	16	13.5	-	14.4	7	21.6	-	22.95	6
7.2	-	7.65	12	14.4	-	15.3	5	22.95	-	24.3	10
7.65	-	8.1	12	15.3	-	16.2	2	24.3	-	25.65	13
8.1	-	8.55	11	16.2	-	17.1	0	25.65	-	27	16
8.55	-	9	10	17.1	-	18	1	27	-	28.35	19
9	-	9.45	9	18	-	18.9	0	28.35	-	29.7	26
9.45	-	9.9	8	18.9	-	19.8	0	29.7	-	31.05	19
9.9	-	10.35	6	19.8	-	20.7	0	31.05	-	32.4	13
10.35	-	10.8	6	20.7	-	21.6	0	32.4	-	33.75	6
10.8	-	11.25	7	21.6	-	22.5	0	33.75	-	35.1	3
11.25	-	11.7	3	22.5	-	23.4	0	35.1	-	36.45	1
11.7	-	12.15	2	23.4	-	24.3	0	36.45	-	37.8	1
12.15	-	12.6	1	24.3	-	25.2	0	37.8	-	39.15	0
12.6	-	13.05	1	25.2	-	26.1	0	39.15	-	40.5	0
13.05	-	13.5	0	26.1	-	27	0	40.5	-	41.85	0
13.5	-	13.95	0	27	-	27.9	0	41.85	-	43.2	0
13.95	-	14.4	0	27.9	-	28.8	0	43.2	-	44.55	0
14.4	-	14.85	0	28.8	-	29.7	0	44.55	-	45.9	0
14.85	-	15.3	0	29.7	-	30.6	0	45.9	-	47.25	0
15.3	-	15.75	0	30.6	-	31.5	0				
15.75	-	16.2	0	31.5	-	32.4	0				
16.2	-	16.65	0	32.4	-	33.3	0				
16.65	-	17.1	0	33.3	-	34.2	0				
17.1	-	17.55	0	34.2	-	35.1	0				
17.55	-	18	0	35.1	-	36	0				
18	-	18.45	0	36	-	36.9	0				

3.9.2.4.2 Gráfica de espectros de carga por eje.

Según la guía MEPDG los espectros de carga por eje es una distribución normalizada, el cual indica la cantidad de porcentaje de ejes controlados en cada rango establecido esto para cada tipo de eje (Simple, Tandem y Tridem) cabe recalca que para generar espectros de carga se ha trababajado con camiones de (clase 4 a clase 13).

Para observar los resultados de los espectros de carga para cada clase de vehículo y con sus respectivas configuraciones de ejes (simple, tándem, tridem) (VER ANEXO D.1.5).

En la siguiente figura se puede visualizar los resultados de espectros de carga según la configuración de ejes (simple, tándem y tridem) para cada clase de vehículo, siendo estos los factores determinantes para realizar el diseño de pavimento con la metodología MEPDG, estos espectros de carga representan a la cantidad de tráfico existente en la vía de estudio, por lo que muestra los movimientos en los que estará sometido la vía una vez puesta en servicio para determinar los modelos de predicción del pavimento.

ESPECTROS DE CARGA PARA CADA TIPO DE VEHÍCULO

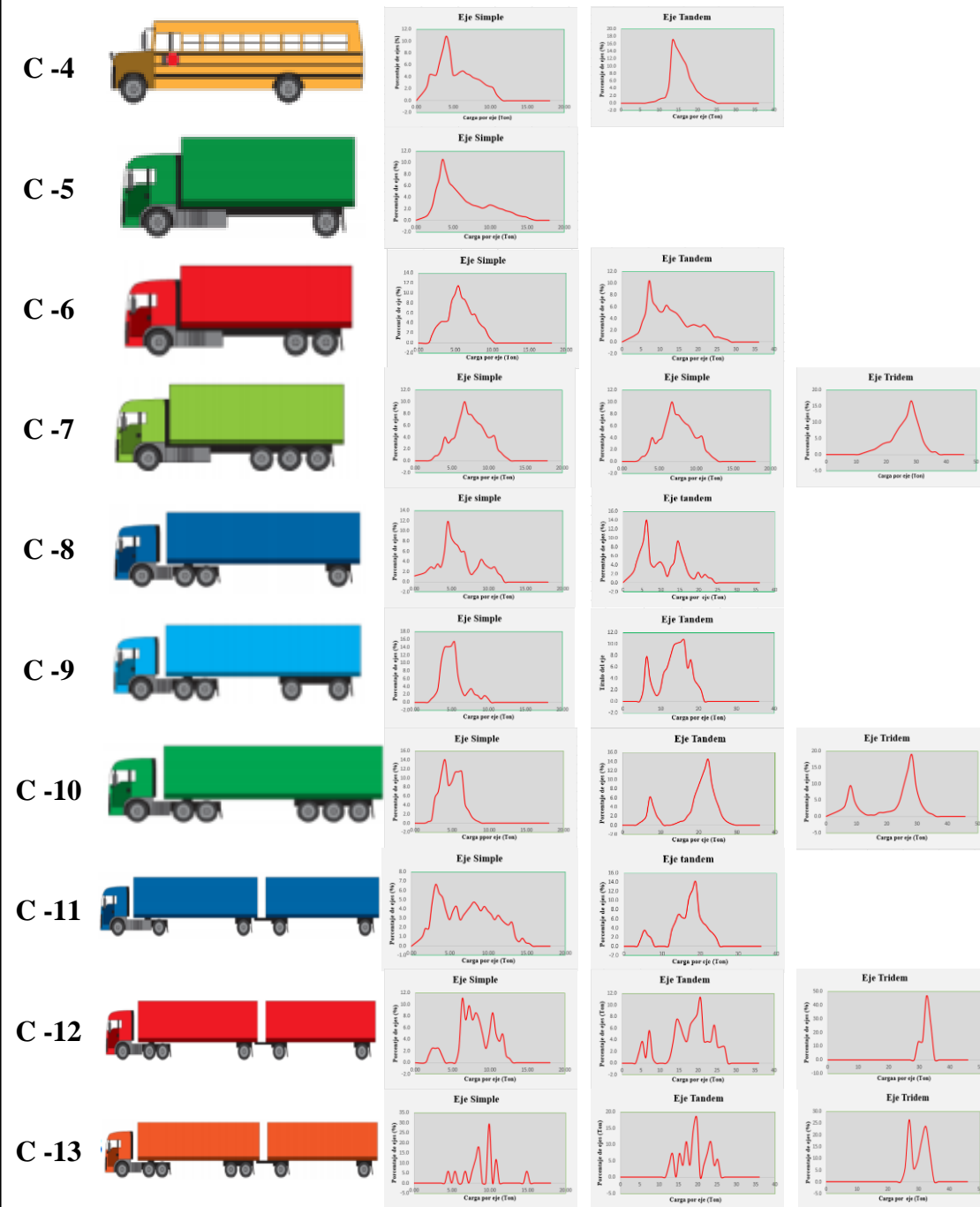


Figura 43. Resumen de espectros de carga por tipo de vehículo.

3.9.2.5 Entrada de datos generales de tráfico.

La entrada de datos generales de tráfico adoptados en este ítem, en donde algunos datos serán valores tomados por defecto (Nivel 3), y otros datos serán tomados de la zona

de estudio (Nivel 1) como está contemplado en la Guía de Diseño. Ya que mediante mediciones de cada clase de vehículo se ha obtenido valores al Nivel 1.

- ✓ Ubicación media de las ruedas

Nivel 3: Se adoptará el valor por defecto = 18 pulgadas, disponible en el software MEPDG.

- ✓ Desviación estándar de tránsito alejado de la trayectoria normal de la llanta en el pavimento (alejado de las roderas).

Este factor tiene implicancia para la predicción de la fatiga y de la deformación permanente dentro de un pavimento.

Nivel 3: Se adoptará el valor por defecto = 10 pulgadas, disponible en el software MEPDG.

- ✓ Ancho de carril

Este valor tiene pequeños efectos sobre el análisis en pavimentos flexibles.

Nivel 1: El valor determinado para el ancho de carril es de 3.60 m, igual a 12 pies.

- ✓ Número de tipos de ejes para la clasificación vehicular

Representa el numero promedio de ejes para cada clase de vehículos (Clase 4 – 13) y por tipo de eje (simple, tándem, tridem y cuádruple).

Nivel 3: Se adoptará los valores por defecto, presentados en la (Tabla 42).

Tabla 42.

Número promedio de ejes tomado por defecto.

	Simple	Tándem	Tridem	Quad
Clase 4	1.62	0.39	0	0
Clase 5	2	0	0	0
Clase 6	1.02	0.99	0	0
Clase 7	1	0.26	0.83	0
Clase 8	2.38	0.67	0	0
Clase 9	1.13	1.93	0	0
Clase 10	1.19	1.09	0.89	0
Clase 11	4.29	0.26	0.06	0
Clase 12	3.52	1.14	0.06	0
Clase 13	2.15	2.13	0.35	0

Nota: Fuente, Guía de diseño de pavimentos, MEPDG.

- ✓ Configuración de ejes

Para obtener los valores de este factor se necesitan una serie de elementos que nos ayuden a describir las configuraciones de los neumáticos y cargas por tipo de eje que serán aplicadas en la carretera. Estos valores pueden ser obtenidos también mediante las

especificaciones que brindan los fabricantes o ser medidas directamente en campo, para este caso se realizó las respectivas mediciones en campo (VER ANEXO D. 1.4), por lo que se ingresará datos al (Nivel 1), para el software se consideran los siguientes valores:

- ✓ **Ancho promedio de eje:** Se considera la distancia entre los extremos del borde exterior de un vehículo.

Nivel 1: Para este caso tomará el valor de 8.3 pies.

- ✓ **Espaciamiento de ruedas doble:** Distancia entre los centros de ruedas dobles.

Nivel 1: Para este caso tomará el valor de 13.8 pulgadas.

- ✓ **Presión de las ruedas:** Se considera la presión para las ruedas simples y duales.

Nivel 3: Se tomará el valor por defecto de 120 psi.

- ✓ **Espaciamiento entre ejes:** Se considera las distancias entre dos ejes consecutivos, para los ejes de tipo tándem, tridem o cuádruple.

Nivel 1: Espaciamiento para eje tándem = 53.8 pulgadas

Nivel 1: Espaciamiento para eje tridem = 51.2 pulgadas

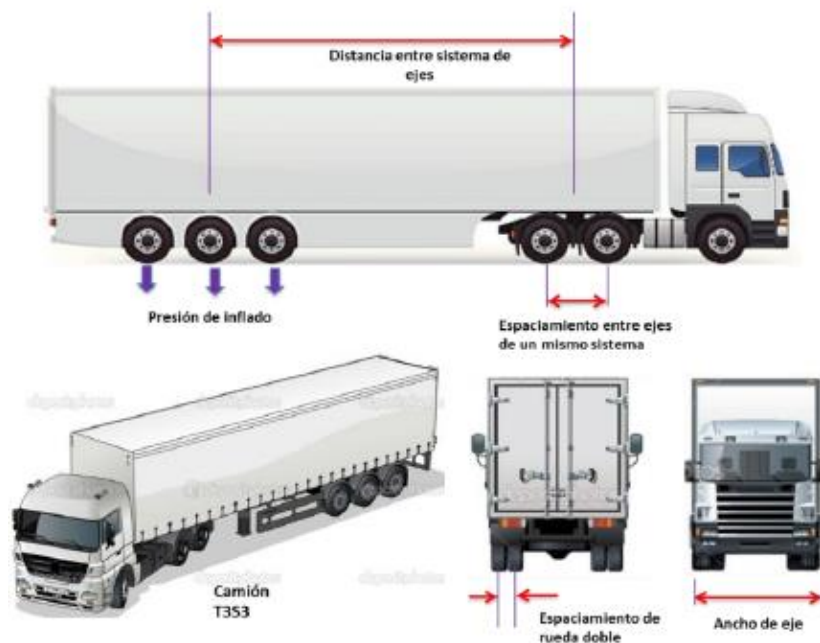


Figura 44. Esquema para la configuración de ejes de los camiones

Nota: Fuente, (Vivanco 2016).

- ✓ **Distancia entre ejes:** Requiere de datos precisos por lo que estos valores se toman por defecto (Nivel 3):

Tabla 43.

Distancia y porcentaje promedio entre ejes.

Longitud de vehículo	Distancia promedio entre ejes	Porcentaje de vehículos
Corto	12 ft	33%
Mediano	15 ft	33%
Largo	18 ft	34%

Nota: Fuente, Guía de diseño de pavimentos, MEPDG.

3.9.3 Datos meteorológicos e hidrológicos.

Para realizar la implementación del modelo climático integrado mejorado (EICM) para la ciudad de Juliaca y poder almacenarlas de acuerdo al formato establecido por la metodología MEPDG y generar un archivo digital con extensión (.icm), se deberá de recopilar la información mínima y adecuada para tal propósito.

3.9.3.1 Recopilación de información climática existente.

Según la (Tabla 22), indica los parámetros que son necesarios para poder generar el archivo electrónico (.icm), mostrándose la frecuencia con la que exige la metodología MEPDG. La recolección de información climática contiene una inmensa cantidad de datos para cada parámetro.

Para la obtención de dichos parámetros se ha recurrido solicitar información al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) sede PUNO, específicamente de la Estación automática de Juliaca DZ/13, y de la estación convencional de Juliaca.

Los reportes de la estación automática DZ.13 del SENAMHI, son rutinarios que son emitidas con frecuencias horarias, y para la estación convencional las frecuencias emitidas se dan por días, mensuales en función al tipo de parámetro.

3.9.3.1.1 Precipitación.

La base de datos de este parámetro requerido por el MEPDG fue obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú en un formato tipo Hojas de Cálculo “.xlsx” como se muestra en la (Figura 45), los datos de precipitación la nueva metodología MEPDG requiere con una frecuencia horaria, al menos dos años de antigüedad en pulgada. Los datos fueron proporcionados del Servicio Nacional de Meteorología e

Hidrología del Perú - Puno los cuales consta de frecuencia horaria además con una antigüedad de dos años (2016 – 2018) con un total de 17,280 datos, las cuales cumplen con lo que requiere la nueva metodología MEPDG por lo cual este parámetro del clima tiene un nivel de entrada (NIVEL 1).

3.9.3.1.2 Temperatura del aire.

La temperatura del medio ambiente es medida a dos metros del suelo según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, este dato la metodología MEPDG requiere en unidades grados Fahrenheit, horaria y al menos con dos años de antigüedad. Los datos de temperatura fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Puno donde es con frecuencia horaria con una antigüedad de dos años (2016 – 2018) con un total de 17,280 datos, en ese contexto cumple con lo que requiere la nueva metodología ver (Figura 45). Por lo cual este parámetro del clima se considera con un nivel de entrada (NIVEL 1)

3.9.3.1.3 Nubosidad.

La nubosidad se llama a la cubierta del cielo con distintas cantidades de nube para ello según el SENAMHI este dato es medido a una escala de 0/8 (sin nubes) y 8/8 (cobertura total del cielo) sin embargo la metodología MPEDG requiere estos datos en porcentajes (0 a 100 %). Los datos de nubosidad fueron proporcionados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Puno donde muestra una frecuencia horaria y con una antigüedad de dos años (2016 – 2018) con un total de 17,280 datos, puede visualizar (Figura 45). Por lo cual este parámetro cumple con lo que requiere la metodología MEPDG para un nivel de entrada (NIVEL 1).

3.9.3.1.4 Velocidad de viento.

Este parámetro del clima es muy importante ya que tiene dos factores importantes en su actuación daría (velocidad – dirección) sin embargo la metodología MEPDG no considera importante la dirección del viento. La metodología MEPDG requiere los datos con una frecuencia horaria además su registro de datos con al menos dos años de antigüedad, las unidades donde generalmente se registra en el Perú este parámetro del clima es en Km/h sin embargo la metodología MEPDG requiere en unidades millas/hora. Los datos de velocidad del viento fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Puno con una frecuencia horaria y dos años de registro (2016 -2017) con un total de

17,280 datos, puede visualizar (Figura 45) en ese contexto este parámetro del clima cumple con para el nivel de dato de entrada (NIVEL 1).

3.9.3.1.5 Nivel freático.

La nueva metodología MEPDG requiere estos datos mínimos con registros al menos 1 año atrás, con la finalidad de predecir el comportamiento del suelo en épocas de sequía y lluvia, en ese contexto los datos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Puno, donde los datos muestran un registro horario de un año (2017) con un total de 8,640 datos ver (Figura 45), los cuales se corroboraron realizando una calicata donde se encontró el nivel freático a 1.90 m ver (Anexo E.1.7) el cual coincide con el promedio total (1.95 m) obtenido del registro de los datos proporcionados del SENAMHI del departamento de Puno. Por lo tanto, ya que los datos cumplen con lo que requiere la metodología se consideró al (NIVEL 1).

3.9.3.1.6 Salida y puesta del sol.

El parámetro climático Salida y Puesta de Sol, corresponde a las horas transcurridas desde los crepúsculos matutinos hasta el crepúsculo vespertino. Las unidades en la metodología MEPDG requeridas son en horas decimales por lo cual este dato se pudo obtener de la página web para los años (2016 – 2017) con periodos diarios con un total de 720 datos.

3.9.3.1.7 Humedad relativa.

Este parámetro del clima se pudo obtener a través de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Puno con una frecuencia horaria además con registro de del (2017) obtenida de la página web de SENAMHI, la metodología MEPDG requiere datos mensuales obteniéndose un total de 12 datos, en ese contexto los datos son suficientes para cumplir con la entrada de datos al (NIVEL 1).

3.9.3.1.8 Radiación solar.

Este parámetro climático es considerado con frecuencia de diario mensual, además en unidades térmicas británicas (But/ft²* día) por la metodología MEPDG, sin embargo, en el Perú se registra en unidades kW h/m². para ello se hizo la respectiva conversión de datos obtenidos de la estación solicitada a SENAMHI con un total de 720 datos de los años (2016 – 2017).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DIRECCION ZONAL DE PUNO										
2		ESTACION:	JULIACA / DZ-13			LONG:	70° 10' 16.4"	DPTO.:	PUNO		
3						LAT:	15° 28' 15.8"	PROV.:	SAN ROMAN		
4						ALT:	3826 msnm	DIST.:	JULIACA		
5											
6		PRECIPITACION	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA INSTANTANEA	VELOCIDAD DEL VIENTO	NUBOSIDAD	NIVEL FREATICO				
8	01/01/2016	0	0	6.7	8.3	0	1.82260				
9	01/01/2016 01:00:00 A.M.	0	0	6.1	8.3	0	1.82270				
10	01/01/2016 02:00:00 A.M.	0	0	6.6	7.9	0	1.82280				
11	01/01/2016 03:00:00 A.M.	0	0	4.5	8.3	0	1.82290				
12	01/01/2016 04:00:00 A.M.	0	0	2.3	11.4	0	1.82300				
13	01/01/2016 05:00:00 A.M.	0	20	1.2	10.7	0	1.82310				
14	01/01/2016 06:00:00 A.M.	0	269	7.3	11.7	0	1.82320				
15	01/01/2016 07:00:00 A.M.	0	577	11.3	9.2	0	1.82330				
16	01/01/2016 08:00:00 A.M.	0	824	14.3	8.4	0	1.82340				
17	01/01/2016 09:00:00 A.M.	0	1012	16.6	8.6	0	1.82350				
18	01/01/2016 10:00:00 A.M.	0	1137	16.4	9.6	0	1.82360				
19	01/01/2016 11:00:00 A.M.	0	1077	16.7	8.3	0	1.82370				
20	01/01/2016 12:00:00 P.M.	0	884	17.6	10.7	0	1.82380				
21	01/01/2016 01:00:00 P.M.	0	791	18.4	11.4	0	1.82260				
22	01/01/2016 02:00:00 P.M.	0	641	17.9	11.1	0	1.82270				
23	01/01/2016 03:00:00 P.M.	0	323	17.4	9.1	0	1.82280				

Figura 45. Datos de información climatológica obtenida del SENAMHI.

Nota: Datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI.

3.9.3.2 Implementación del EICM (Modelo climático integrado mejorado).

Para generar el archivo electrónico ICM se deberá revisar la estructura del formato que exige la metodología MEPDG, para que luego este contenga todos los datos de información climática que servirá para interactuar con el diseño del pavimento (Ver Figura 45).

Dicho archivo electrónico denominado “Juliaca-DZ.13.icm” será con el que se trabajará para realizar el diseño de pavimento flexible, en la (Figura 46) se muestra la distribución de los componentes de los parámetros que son requeridos por la metodología MEPDG el cual se detalla:

- ✓ Datos Informativos
- ✓ Datos Promedios
- ✓ Datos diarios y horarios

De la (Figura 46) se procede a ordenar e identificar cada variable conforme a los componentes mencionados anteriormente, con la finalidad de integrar los requerimientos para la creación del archivo electrónico “Juliaca-DZ.13.icm”.

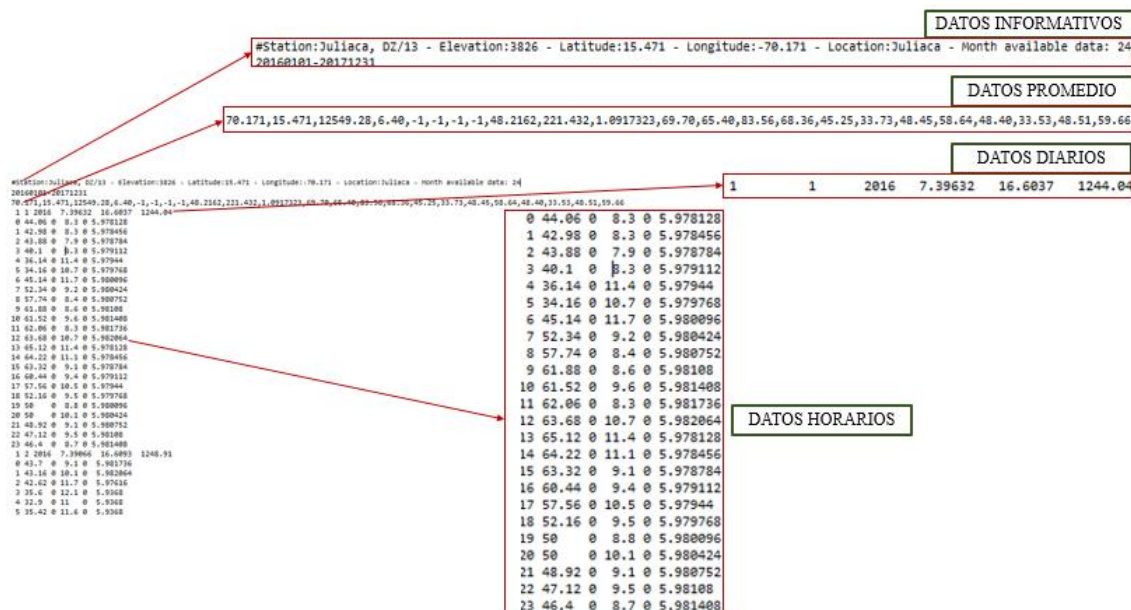


Figura 46. Esquema de la configuración del archivo ICM.

3.9.3.2.1 Estructura del archivo digital ICM.

✓ Datos informativos

En esta sección se da a conocer sobre las características generales de la estación meteorológica a tomarse en cuenta para el diseño. En el siguiente cuadro se detalla la descripción de datos requeridos.

Tabla 44.

Datos informativos de la estación a considerar para el diseño.

Descripción	Juliaca
Station/Estación	Juliaca, DZ/13
Elevation/Elevación	3826
Latitude/Latitud	15.471
Longitude/Longitud	-70.171
Location/Localización	Juliaca
Month available data/Mes de datos disponibles	24
Fecha de inicio y fin de registro	01/01/2016 31/12/2017

✓ Datos promedios

En la (Figura 47) se puede apreciar los datos que se ubican en la parte superior del archivo ICM. Cabe mencionar que para el nivel freático se colocará (-1,-1,-1,-1) considerándose que se utilizará los valores de las cuatro estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), este valor se colocará también con frecuencia horaria.

Datos promedio:					
70.171,15.471,12549.28,6.4,-1,-1,-1,-1,9.009,221.432,27.7257,69.70,65.40,83.56,68.36,45.25,33.73,48.45,58.64,48.40,33.53,48.51,59.66					
Descripción:					
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	-70.171,15.471,12549.28,	,-1,-1,-1,-1	48.2162,	221.432,	1.0917323
	69.70,65.40,83.56,68.36,45.25,33.73,48.45,58.64,48.40,33.53,48.51,59.66				
(a)	-70.171,15.471,3826,	Longitud, Latitud, Elevación			
(b)	6.40,-1,-1,-1,-1,	Profundidad de nivel freático			
(c)	48.2162,	Temperatura media anual (°F)			
(d)	221.432,	Días bajo cero (°F-día)			
(e)	1.0917323,	Precipitación anual (plg)			
(f)	69.70,65.40,83.56,68.36,4	Humedad media mensual (12 meses desde enero)			
	5.25,33.73,48.45,58.64,48				
	.40,33.53,48.51,59.66				

Figura 47. Descripción de la ubicación de cada elemento para generar el archivo ICM.

✓ **Datos diarios y horarios**

En este ítem es la parte más importante para generar el archivo ICM ya que cuenta con una cantidad inmensa de información, compuestos por parámetros con frecuencia horaria como la temperatura, precipitación, velocidad de viento, nubosidad y profundidad de nivel freático.

En la siguiente figura se aprecia la estructura del tercer componente para generar el archivo electrónico con extensión (.icm).

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	1	2016	7.3963	16.604	1244
0	44.06	0	8.3	0	5.9781
1	42.98	0	8.3	0	5.9785
2	43.88	0	7.9	0	5.9788
3	40.1	0	8.3	0	5.9791
4	36.14	0	11.4	0	5.9794
5	34.16	0	10.7	0	5.9798
6	45.14	0	11.7	0	5.9801
7	52.34	0	9.2	0	5.9804
8	57.74	0	8.4	0	5.9808
9	61.88	0	8.6	0	5.9811
10	61.52	0	9.6	0	5.9814
11	62.06	0	8.3	0	5.9817
12	63.68	0	10.7	0	5.9821
13	65.12	0	11.4	0	5.9781
14	64.22	0	11.1	0	5.9785
15	63.32	0	9.1	0	5.9788
16	60.44	0	9.4	0	5.9791
17	57.56	0	10.5	0	5.9794
18	52.16	0	9.5	0	5.9798
19	50	0	8.8	0	5.9801
20	50	0	10.1	0	5.9804
21	48.92	0	9.1	0	5.9808
22	47.12	0	9.5	0	5.9811
23	46.4	0	8.7	0	5.9814
1	2	2016	7.3907	16.609	1248.9
0	43.7	0	9.1	0	5.9817
1	43.16	0	10.1	0	5.9821
2	42.62	0	11.7	0	5.9762
3	35.6	0	12.1	0	5.9368
↓ 1 col	↓ 2 col	↓ 3 col	↓ 4 col	↓ 5 col	↓ 6 col

DATOS CON FRECUENCIA DIARIA

(a) Mes

(b) Día

(c) Año

(d) Salida de sol (decimal)

(e) Puesta de sol (decimal)

(f) Radiación solar máxima (Btu/ft²-día)

DATOS CON FRECUENCIA HORARIA

1 col Hora

2 col Temperatura (°F)

3 col Precipitación (plg - in)

4 col Velocidad de viento (mph)

5 col Nubosidad (%)

6 col Prof. Nivel freático (pie - ft)

Figura 48. Esquema de la distribución de los parámetros con frecuencia diaria y horaria.

En la (Figura 48) se puede observar seis columnas con diferentes datos, la primera columna corresponde a las horas decimales de un día (24 horas), en seguida la segunda columna corresponde a los datos de temperatura las cuales están en unidades de grados fahrenheit, la tercera columna corresponde a los datos de precipitación las cuales están en unidades de pulgada, en seguida la cuarta columna presenta datos de velocidad del viento en unidad de millas por hora, en la quinta columna se presenta datos de nubosidad en porcentajes y finalmente la sexta columna presenta datos de profundidad de nivel freático en pies.

Los datos perpendiculares a las columnas son datos que se detalla en la (Figura 48) las cuales están codificadas con abreviaturas (a, b, c, d, e y f).

3.9.3.2.2 Generar el archivo digital ICM.

Para generar el archivo digital de información climática se ha empleado el programa Microsoft Excel 2016, ya que su interfaz es muy fácil y entendible. Para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

- ✓ Se guardó el archivo de Excel en formato “Delimitado por espacios”, (Ver Figura 49).
- ✓ Abrir el archivo guardado con bloc de notas y corregir el exceso de espacios generado por el Microsoft Excel, (Ver Figura 50).
- ✓ Por último, guardar desde bloc de notas ubicando en lo último la extensión “.icm” y con codificación ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares), (ver Figura 51).

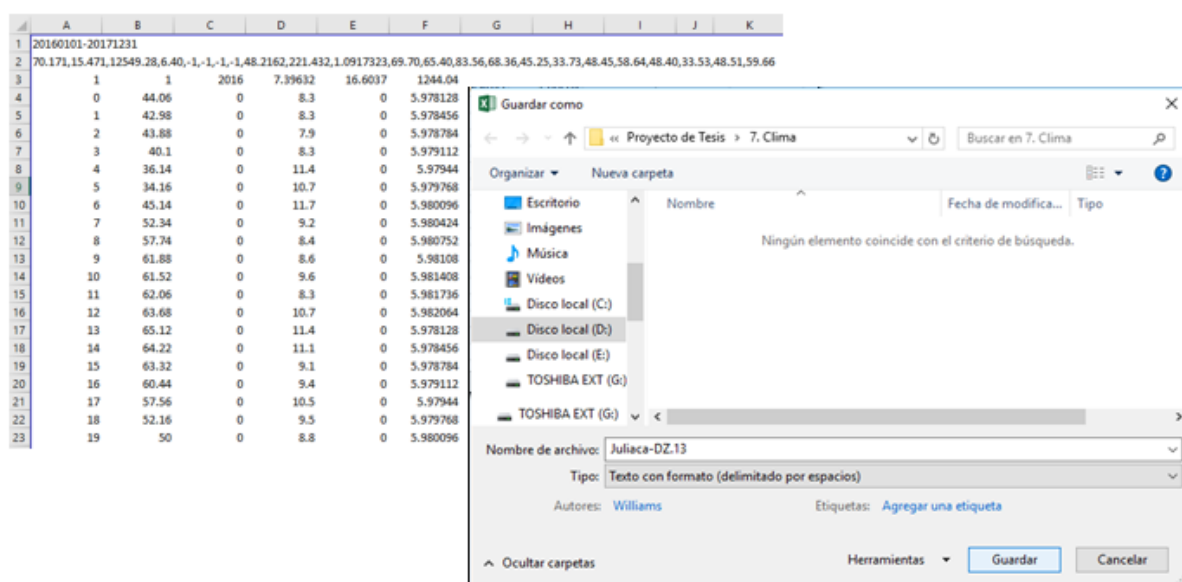


Figura 49. Guardar de Microsoft Excel en formato delimitado por espacios.

En la (Figura 49) se muestra los valores ya ordenados de acuerdo al archivo EICM esto se para a un texto con formato delimitado por espacios para así más adelante se le dé una extensión “.icm”, es importante considerar que los datos deben estar correctamente ubicadas ver (Figura 50) de no ser así el software no podrá reconocer para su análisis.

20160101-20171231		20160101-20171231	
70.173,15	-473,12549,28,6,-40,-1,-1,-1,-1,40,2362,221,432,1,8917323,69,70,65,40,83,56,68,36,45,25,33,73,48,45,58,64,48,40,33,53,48,51,59,66	70.173,15	-473,12549,28,6,-40,-1,-1,-1,-1,40,2362,221,432,1,8917323,69,70,65,40,83,56,68,36,45,25,33,73,48,45,58,64,48,40,33,53,48,51,59,66
1	1	2016	7.39632 16.6897 1244.04
0	44.86	0	8.3 0 5.978128
1	42.98	0	8.3 0 5.978456
2	43.88	0	7.9 0 5.978784
3	40.1	0	8.3 0 5.979112
4	36.14	0	11.4 0 5.97944
5	34.16	0	10.7 0 5.979768
6	45.14	0	11.7 0 5.980096
7	52.34	0	9.2 0 5.980424
8	57.74	0	8.4 0 5.980752
9	61.68	0	8.6 0 5.98108
10	61.52	0	9.4 0 5.981408
11	62.06	0	8.3 0 5.981736
12	63.68	0	10.7 0 5.982064
13	65.12	0	11.4 0 5.978128
14	66.22	0	11.1 0 5.978456
15	63.32	0	9.1 0 5.978784
16	68.44	0	9.4 0 5.979112
17	57.56	0	10.5 0 5.97944
18	52.16	0	9.5 0 5.979768
19	50	0	8.8 0 5.980096
20	50	0	10.1 0 5.980424
21	48.92	0	9.1 0 5.980752
22	47.12	0	9.5 0 5.98108
23	46.4	0	8.7 0 5.981408
1	2	2016	7.39604 16.6893 1248.91
0	43.7	0	9.1 0 5.981736
1	43.16	0	10.1 0 5.982064
2	42.62	0	11.7 0 5.978128
3	35.6	0	12.1 0 5.9368
4	32.9	0	11 0 5.9368
5	35.42	0	11.6 0 5.9368

Figura 50. Acomodación de los valores de clima para que el software MEPDG reconozca.

Una vez cuando se tenga en un archivo con formato de espacios delimitado, generalmente los valores están separados entre sí sin embargo el software MEPDG no reconoce dichos valores para ello se procede a eliminar los espacios entre ellos ver (Figura 51).

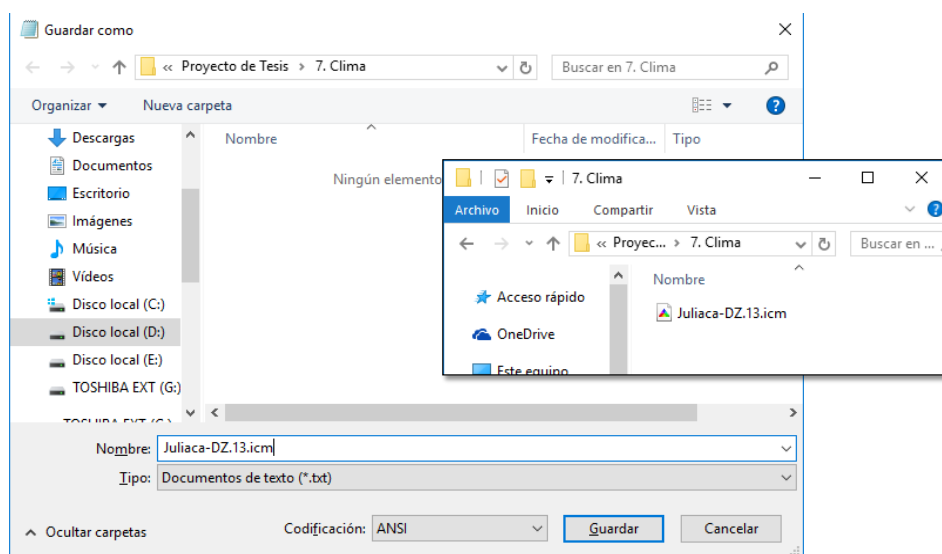


Figura 51. Guardado desde bloc de notas con extensión “.icm”.

Una vez cuando este eliminado los espacios de los valores de cada parámetro del clima se procede a guardar en un archivo con una extensión icm para implementar el EICM. Cabe mencionar que EICM es una base de datos donde almacena archivos con extensión icm para diferentes lugares, en el caso de la región puno la base de datos EICM solamente

cuenta con el archivo generado en este proyecto el cual esta denominado con el nombre de Juliaca-DZ.13.icm.

3.9.4 Características de la estructura del pavimento.

Los valores de entrada para una estructura de pavimento están distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Propiedades de drenaje y superficie
- ✓ Propiedades de las capas

3.9.4.1 Propiedades de drenaje y superficie.

Para poder determinar una pendiente transversal se deberá hacer un diseño geométrico de carretera el cual se asumirá como 2%. Según Figueroa (2005) menciona “que la trayectoria del drenaje tendrá una longitud de 12 pies equivalente a 3.65 metros. Asumir una superficie con absorbencia de onda corta de 0.85.

3.9.4.2 Propiedades de las capas.

3.9.4.2.1 Propiedades de la carpeta asfáltica.

Para este proyecto la información de las propiedades de los materiales se ingresará al nivel 3 según la guía de diseño mecanística empírica MEPDG, por lo que los valores asumidos para esta capa en cuanto a la granulometría son: mallas de $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{8}$ y #4 con 5%, 30% y 46% de agregado retenido respectivamente. El 4% pasa por la malla #200. Considerándose una carpeta con un grado de penetración (PEN) de 85-100 el cual se utilizará para el diseño de la mezcla asfáltica.

Figueroa (2005) afirma: “para el nivel 3 considerar los siguientes valores, contenido de carpeta asfáltica 5%, 3.5% de vacíos de aire y un peso específico de 139.2 lb/pie³ (2,230 kg/m³). Asumiéndose el valor de conductividad térmica = 0.67 BTU/h-pie-°F y un calor específico = 0.23 BTU/lb-°F siendo estos los valores por defecto, con un coeficiente de poisson = 0.35 (Ver Figura 52) y una temperatura = 70°F (110°C).

Material	Rango	Típico
Concreto hidráulico	0,10-0,20	0.15
Concreto asfáltico	0,15-0,45	0.35
Base tratada con asfalto	0,15-0,45	0.35
Base tratada con cemento		
Suelo granular	0,10-0,20	0.15
Suelo fino	0,15-0,35	0.25
Concreto pobre	0,10-0,20	0.15
Base y subbase granular	0,30-0,40	0.35
Suelo de subrasante	0,30-0,50	0.40

Figura 52. Valores típicos de Poisson para diferentes materiales

Nota: Fuente, (Sánchez).

- ✓ Espesor asumido del AASHTO 93 = 5.10 pulg (13 cm).

3.9.4.2.2 *Propiedades de la base granular.*

Para las propiedades de resistencia se trabajó (Nivel 2), considerándose para el cálculo de módulo de resiliencia en base al coeficiente estructura de capa = 0.14, obteniéndose un $M_r = 49,922$ (según ecuación 4). Para el coeficiente de poisson se asume el valor de 0.35 (ver figura 52), el valor del coeficiente de presión lateral se tomó por defecto = 0.50. En cuanto a la gradación y plasticidad se han considerado al nivel 1 (VER ANEXO E. 3):

- ✓ Espesor asumido del AASHTO 93 = 12 pulg (30 cm)
- ✓ CBR BG = 104 %
- ✓ Clasificación de suelo = A-1-a
- ✓ Módulo de resiliencia = 49,922 psi
- ✓ Índice de plasticidad = 0.72 %
- ✓ Pasante malla #200 = 5.03 %
- ✓ Pasante malla #4 = 30 %
- ✓ D60 = 2

3.9.4.2.3 *Propiedades de la sub base granular.*

Para las propiedades de resistencia se trabaja al (Nivel 2), considerándose para el cálculo de Modulo de resiliencia en base al CBR = 65.8 %, obteniéndose un $M_r = 37,244$ (según la Ecuación 4). Para el coeficiente de poisson se asume el valor de 0.35 (Ver Figura 52), el valor del coeficiente de presión lateral se tomó por defecto = 0.50. En cuanto a la gradación y plasticidad se han considerado al nivel 1 (VER ANEXO E. 2):

- ✓ Espesor asumido del AASHTO 93 = 7.50 pulg (20 cm)
- ✓ CBR SBG = 65.8 %
- ✓ Clasificación de suelo = A-1-b
- ✓ Módulo de resiliencia = 37,244 psi
- ✓ Índice de plasticidad = 2.83 %
- ✓ Pasante malla #200 = 3.50 %
- ✓ Pasante malla #4 = 43.60 %
- ✓ D60 = 2

3.9.4.2.4 Propiedades de la sub rasante.

Para las propiedades de resistencia se trabaja al (Nivel 2), considerándose para el cálculo de Modulo de resiliencia en base al CBR = 13.54 %, obteniéndose un $M_r = 13,540$ (según la Ecuación 4). Para el coeficiente de poisson se asume el valor de 0.40 (Ver Figura 52), el valor del coeficiente de presión lateral se tomó por defecto = 0.50. En cuanto a la gradación y plasticidad se han considerado al nivel 1 (VER ANEXO E. 1.9):

- ✓ CBR Sub Rasante mejorada = 13.54 %
- ✓ Clasificación de suelo = A – 6
- ✓ Módulo de resiliencia = 13,540 psi
- ✓ Índice de plasticidad = 15.80 %
- ✓ Pasante malla #200 = 68.30 %
- ✓ Pasante malla #4 = 88.20 %
- ✓ D60 = 0.001

3.9.5 Comparación entre los métodos AASHTO 93 y MEPDG.

3.9.5.1 Comparación de costos del diseño de pavimento.

En este capítulo se realizará el presupuesto en función a los espesores de cada método, con la finalidad de determinar económicamente cuál de los métodos es más viable, para lo cual se hará en base a los metrados.

Se asumirá que la mezcla asfáltica se transportara de un lugar cercano a la vía en estudio por lo que en las siguientes tablas se observan los precios para cada método:

Tabla 45.

Presupuesto final para la metodología AASHTO 93.

Presupuesto	0202004	Tesis: Av Circunvalación - AASHTO 93			
Subpresupuesto	001	Av. Circunvalación Este			
Cliente	Municipalidad Provincial de San Román				Costo al
Lugar	PUNO - SAN ROMAN - JULIACA				29/01/2019
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	AV. CIRCUNVALACIÓN ESTE				1,072,818.60
01.01	SUB RASANTE				106,128.00
01.01.01	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE	m3	7,200.00	14.74	106,128.00
01.02	SUBBASE Y BASE				222,084.00
01.02.01	SUBBASE GRANULAR	m3	2,400.00	36.81	88,344.00
01.02.02	BASE GRANULAR	m3	3,600.00	37.15	133,740.00
01.03	PAVIMENTO ASFÁLTICO				707,274.00
01.03.01	IMPRIMACION ASFALTICA (INC. INSUMOS)	m2	9,000.00	4.72	42,480.00
01.03.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (INC.INSUMOS)	m3	1,170.00	568.20	664,794.00
01.04	TRANSPORTE				37,332.60
01.04.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA 1 KM	m3k	6,000.00	4.12	24,720.00
01.04.02	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 1 KM	m3k	1,170.00	10.78	12,612.60
COSTO DIRECTO					1,072,818.60
TOTAL PRESUPUESTO					1,072,818.60
SON : UN MILLON SETENTIDOS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO Y 60/100 NUEVOS SOLES					

Tabla 46.

Presupuesto final para la metodología MEPDG generado.

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto	0202005	Tesis: Av Circunvalación – MEPDG			
Subpresupuesto	001	Av. Circunvalación Este			
Cliente	Municipalidad Provincial de San Román			Costo al	29/01/2019
Lugar	PUNO - SAN ROMAN – JULIACA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	AV. CIRCUNVALACIÓN ESTE				971,390.40
01.01	SUB RASANTE				106,128.00
01.01.01	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE	m3	7,200.00	14.74	106,128.00
01.02	SUBBASE Y BASE				177,708.00
01.02.01	SUBBASE GRANULAR	m3	1,800.00	36.81	66,258.00
01.02.02	BASE GRANULAR	m3	3,000.00	37.15	111,450.00
01.03	PAVIMENTO ASFÁLTICO				656,136.00
01.03.01	IMPRIMACION ASFALTICA (INC. INSUMOS)	m2	9,000.00	4.72	42,480.00
01.03.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (INC.INS)	m3	1,080.00	568.20	613,656.00
01.04	TRANSPORTE				31,418.40
01.04.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA 1 KM	m3k	4,800.00	4.12	19,776.00
01.04.02	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 1 KM	m3k	1,080.00	10.78	11,642.40
COSTO DIRECTO					971,390.40
TOTAL PRESUPUESTO					971,390.40

SON : NOVECIENTOS SETENTIUN MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y 40/100 NUEVOS SOLES

Tabla 47.

Presupuesto final para la metodología MEPDG por defecto.

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto	0202006	Tesis: Av Circunvalación - MEPDG por defecto			
Subpresupuesto	001	Av. Circunvalación Este			
Cliente	Municipalidad Provincial de San Román			Costo al	29/01/2019
Lugar	PUNO - SAN ROMAN - JULIACA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	AV. CIRCUNVALACIÓN ESTE				1,057,344.10
01.01	SUB RASANTE				106,128.00
01.01.01	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE	m3	6,000.00	14.74	106,128.00
01.02	SUBBASE Y BASE				209,081.50
01.02.01	SUBBASE GRANULAR	m3	2,400.00	36.81	88,344.00
01.02.02	BASE GRANULAR	m3	3,250.00	37.15	120,737.50
01.03	PAVIMENTO ASFÁLTICO				707,274.00
01.03.01	IMPRIMACION ASFALTICA (INC. INSUMOS)	m2	9,000.00	4.72	42,480.00
01.03.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (INC.INS)	m3	1,170.00	568.20	664,794.00
01.04	TRANSPORTE				34,860.60
01.04.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA 1 KM	m3k	5,400.00	4.12	22,248.00
01.04.02	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA 1 KM	m3k	1,170.00	10.78	12,612.60
COSTO DIRECTO					1,057,344.10
TOTAL PRESUPUESTO					1,057,344.10

SON : UN MILLON CINCUENTISIETE MIL TRESCIENTOS CUARENTICUATRO Y 10/100 NUEVOS SOLES

3.9.5.2 Comparación en la entrada de datos entre los métodos AASHTO 93 y MEPDG.

Para determinar la eficiencia que presentaría cada método se ha realizado una comparación de variables que considera cada metodología al momento de realizar el diseño de un pavimento, mostrándose en la siguiente tabla:

Tabla 48.

Comparación entre las metodologías de diseño AASHTO 93 y MEPDG.

PARÁMETRO	AASHTO 93	MEPDG 2008
• Diseño de pavimento flexibles	✓	✓
• Diseño de pavimento rígidos	✓	✓
• Funcionalidad para la rehabilitación de pavimentos flexibles	✓	✓
• funcionalidad para la rehabilitación de pavimentos rígidos	✓	✓
TRÁNSITO		
• Niveles jerárquicos de entrada	X	✓
• Evaluación por medio de espectros de carga	X	✓
• Evaluación por medio de ejes equivalentes (ESAL's)	✓	✓
• Distribución del tránsito horaria, diaria y mensual	X	✓
• Desplazamiento lateral vehicular	X	✓
• Velocidad del tránsito (Tipo de carga)	X	✓
• Análisis de daños por efecto de vehículos pesados	X	✓
CLIMA		
• Consideración de clima húmedo de heladas	✓	✓
• Consideración de clima desértico	X	✓
• Consideración de clima cálido, seco y húmedo	X	✓
• Consideración de climas con altas temperaturas	X	✓
• Consideración de clima costero	X	✓
• Consideración de heladas intensas	X	✓
CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES VIALES		
• Niveles jerárquicos de entrada	X	✓
• Caracterización del material a utilizar	X	✓
• Consideraciones a corto y mediano plazo del envejecimiento del AC	X	✓
• Módulos variables de materiales debido a variaciones climáticas y de tránsito	X	✓
• Ajuste del módulo resiliente de sub-rasante por variaciones de humedad	✓	✓
• Caracterización del material granular que conforman la mezcla asfáltica	X	✓
• Caracterización del material granular que conforman el concreto hidráulico	X	✓
MODELOS DE PREDICCIÓN		
• Comportamiento de mezclas asfálticas, concreto hidráulico y granulares	X	✓
• Fisuramiento por fatiga en pavimento flexibles	X	✓
• Deformación permanente de pavimentos flexibles	X	✓
• Fisuramiento térmico en pavimentos flexibles	X	✓
• Fisuramiento longitudinal en pavimentos rígidos	X	✓
• Fisuramiento transversal en pavimentos rígidos	X	✓
• Regularidad (IRI)	X	✓
• Análisis de confiabilidad (R.)	X	✓

Nota:

X = Parámetro NO considerado por el método para el diseño del pavimento.

✓ = Parámetro SI considerado por el método para el diseño del pavimento.

Interpretación de la Tabla 48

Mediante la tabla mostrada se puede observar cuanta diferencia existe entre ambas metodologías siendo las más resaltantes en la entrada de datos y los modelos de predicción que realiza la metodología MEPDG.

En cuanto a la entrada de datos de TRÁFICO, la metodología AASHTO para el diseño de pavimento usa como variable primordial los ejes equivalentes (ESAL's), mientras que la metodología MEPDG contempla una mayor cantidad de variables como son la configuración de espectros de carga, distribución horaria, velocidad vehicular, influyendo estos parámetros en el diseño del pavimento, para que se realice una predicción de daños, y ver el desempeño que presenta la vía en estudio.

Para la entrada de datos de CLIMA, el método AASHTO considera los efectos del medio ambiente de manera indirecta, con el coeficiente de drenaje, en cuanto al método MEPDG considera parámetros internos y externos como se muestra en la (Tabla 48) ya que son aquellos parámetros que influirán directamente en un pavimento una vez puesta en servicio, por lo que este método es más eficiente en cuanto a la aplicabilidad de factores que afectan a un pavimento.

Para la caracterización de los materiales el método AASHTO solo contempla en el diseño el ajuste del Módulo resiliente de la subrasante, mientras que el método MEPDG emplea una mayor cantidad de variables y consideraciones (ver Tabla 48).

Para los MODELOS DE PREDICCIÓN, la metodología AASHTO no hace un cálculo para predecir cómo se comportará el pavimento una vez construida, ya que solo se enfoca en determinar los espesores. Por otro lado, la metodología MEPDG realiza una serie de cálculos para predecir el desempeño de la vía, siendo los modelos de predicción para un pavimento asfáltico (Falla por fatiga, deformación permanente, fisuración térmica, IRI, considerándose para cada factor un ajuste de confiabilidad), y los espesores del pavimento.

3.9.5.3 Comparación entre MEPDG generado y MEPDG por defecto.

Tabla 49.

Comparación entre los parámetros de entrada.

PARÁMETROS DE ENTRADA	MEPDG GENERADO	MEPDG POR DEFECTO
CARACTERIZACIÓN VEHICULAR	Nivel de Entrada	
Volumen de tráfico - Base de información del año		
• Tránsito medio diario anual de camiones (TMDAC)	Nivel 1	Nivel 3
• Número de carriles en la dirección de diseño	Nivel 1	Nivel 3
• Porcentaje de camiones en la dirección de diseño	Nivel 1	Nivel 3
• Porcentaje de camiones en el carril de diseño	Nivel 3	Nivel 3
• Velocidad de operación	Nivel 1	Nivel 3
Factores de ajuste de Volumen de Tráfico		
• Factor de Ajuste Mensual (FAM)	Nivel 1	Nivel 3
• Factor de distribución de vehículos por clase	Nivel 1	Nivel 3
• Factor de distribución horaria de camiones	Nivel 3	Nivel 3
• Factor de crecimiento de tráfico	Nivel 1	Nivel 3
Factores de distribución de carga del eje	Nivel 1	Nivel 3
Entrada de datos generales de tráfico		
• Ubicación media de las ruedas	Nivel 3	Nivel 3
• Desviación de tráfico lateral	Nivel 3	Nivel 3
• Ancho de carril	Nivel 1	Nivel 3
• Número de ejes por camión	Nivel 3	Nivel 3
Configuración de ejes		
• Ancho promedio de ejes	Nivel 1	Nivel 3
• Espaciamento de ruedas dobles	Nivel 1	Nivel 3
• Presión de las ruedas	Nivel 3	Nivel 3
• Espaciamento entre ejes	Nivel 1	Nivel 3
• Distancia promedio entre ejes	Nivel 3	Nivel 3
CLIMA		
• Precipitación	Nivel 1	Nivel 1
• Temperatura del Aire	Nivel 1	Nivel 1
• Nubosidad	Nivel 1	Nivel 1
• Velocidad del viento	Nivel 1	Nivel 1
• Nivel Freático	Nivel 1	Nivel 1
• Salida y puesta del Sol	Nivel 1	Nivel 1
• Humedad Relativa Instantánea	Nivel 1	Nivel 1
• Radiación Solar	Nivel 1	Nivel 1
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIME		
• Estructuración del paquete estructural	Nivel 1	Nivel 3
• Espesor de las capas conformantes	Nivel 1	Nivel 3
• Caracterización del material de la mezcla asfáltica	Nivel 1	Nivel 3
• Caracterización del material de la base granular	Nivel 1	Nivel 3
• Caracterización del material de la sub base granular	Nivel 1	Nivel 3
• Caracterización del material de la sub rasante	Nivel 1	Nivel 3
• Propiedades de drenaje y superficie	Nivel 3	Nivel 3
MODELOS DE PREDICCIÓN		
• Fisuramiento por fatiga (piel de cocodrilo)	Nivel 1	Nivel 3
• Deformación permanente (ahuellamiento)	Nivel 1	Nivel 3
• Fisuramiento longitudinal	Nivel 1	Nivel 3
• Fisuramiento térmico (transversal)	Nivel 1	Nivel 3
• Regularidad (IRI)	Nivel 1	Nivel 3

Nota:

Nivel 1 = Valores obtenidos directamente de la zona de estudio.

Nivel 3 = Valores asumidos por defecto según la configuración del software.

En la tabla mostrada se puede apreciar una diferencia entre los valores de entrada según el nivel, por lo tanto, cuando se realice un análisis para el diseño de un pavimento se recomienda emplear valores obtenidos al nivel 1 derivados directamente de la zona para tener un grado de confiabilidad con mayor precisión, el nivel de entrada de datos influirá de gran manera en obtención de los resultados sobre los modelos de predicción.

Según los ANEXOS D.3 y D.4 se pueden ver las diferencias existentes en cuanto al desempeño que presentaría la vía una vez puesta en servicio, siendo los resultados con mayor precisión diseñados con datos de entrada al nivel 1.

3.9.6 Esfuerzo, deformación y deflexión.

Determinación de bulbo de presiones

Para determinar las deformaciones elásticas de las capas de la estructura del pavimento se accedió a utilizar la herramienta PITRA PAVE, según Chaves, Echeverría y Iriondo (2018) determina según una comparación que es el mejor entre otros softwares para determinar las deformaciones en un paquete estructural.

En primer lugar: el software nos permite cargar datos de módulo elástico, el valor de Poisson y espesores de las diferentes capas del paquete estructural ver (Figura 53).

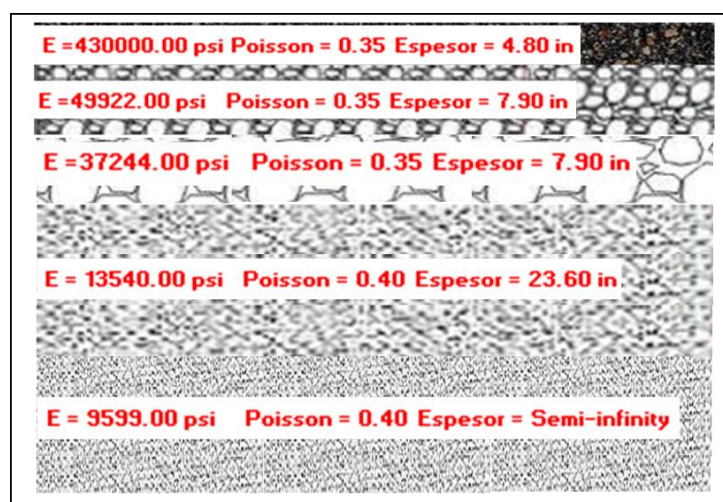


Figura 53. Entrada de datos generales con fines de análisis.

Los datos que se acaba de mostrar en la figura anterior se cargaron al software, en el cual se pudo dar nombre a cada capa del paquete estructural.

En segundo lugar: el software permite introducir datos de carga donde esta es definido de acuerdo a (FWD) el cual considera que 7000 lb es una carga representativa para

determinar deformaciones verticales para ello se ubica perpendicular al eje Y (Ver figura 54):

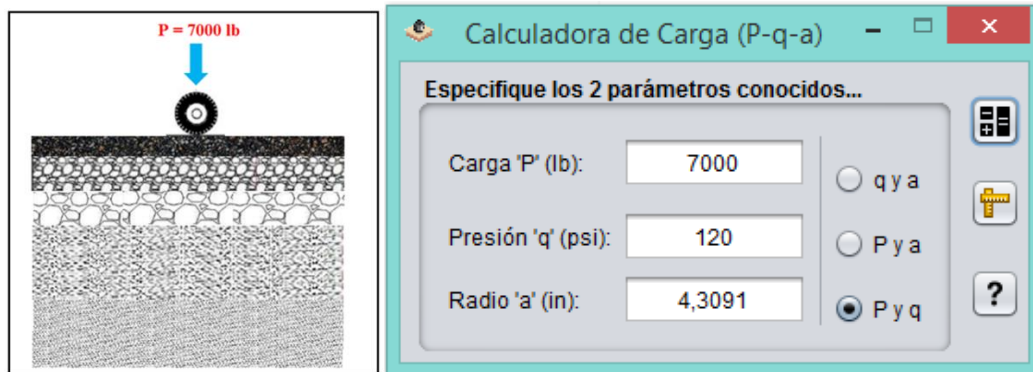


Figura 54. Definición de la carga para el análisis y determinación de radio.

Para entender los datos que se introdujo, primero se definió una sola carga representativa de 7000 lb donde está esta es ubicada en coordenadas cartesianas ($X = 0$, $Y = \pm 6.90$) en donde también se considera que la presión de inflado se consideró 120 psi con estos datos definidos se pudo determinar el valor de radio. (Ver figura 54)

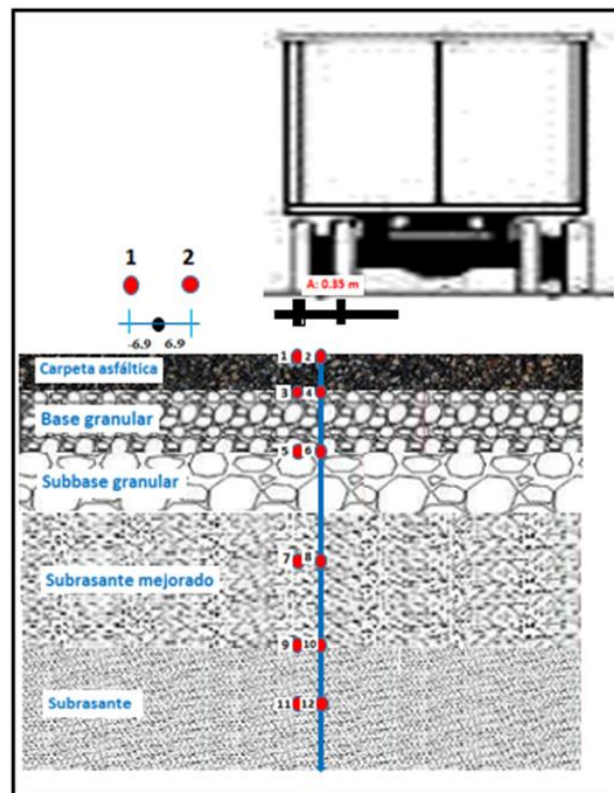


Figura 55. Ubicación del centro de los puntos de medición.

Una vez que se determinó los datos de entrada se procedió a cargar datos al software ver (Tabla 50).

Tabla 50.

Datos de entrada de carga en dos puntos de medición.

#	Carga P (lb)	Presión q (psi)	X (in)	y (in)
1	7000	120	0.00	-6.90
2	7000	120	0.00	6.90

En tercer lugar: en seguida se define los puntos de medición para las diferentes capas en ejes cartesianas tridimensional además los puntos de medición son definidos de acuerdo a la ubicación de las cargas, para nuestro caso se toma un eje simple dual donde generalmente el (FWD) considera para determinar deformaciones con cargas dinámicas, teniendo cinco capas se determinó ocho puntos de estudio o calculo (Ver figura 56)

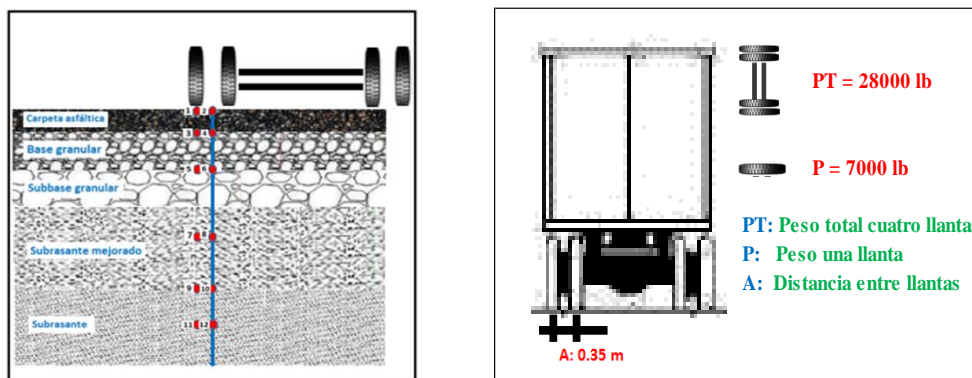


Figura 56. Definición de los puntos de medición en las diferentes capas del paquete estructural.

Según la (Figura 56) solo se analizan dos de cuatro llantas por simetría para un análisis confiable, una vez determinado los puntos de medición es importante verificar los ejes esto puede ver en la (Figura 57), para el análisis se procedió a cargar datos al software ver (Tabla 51)

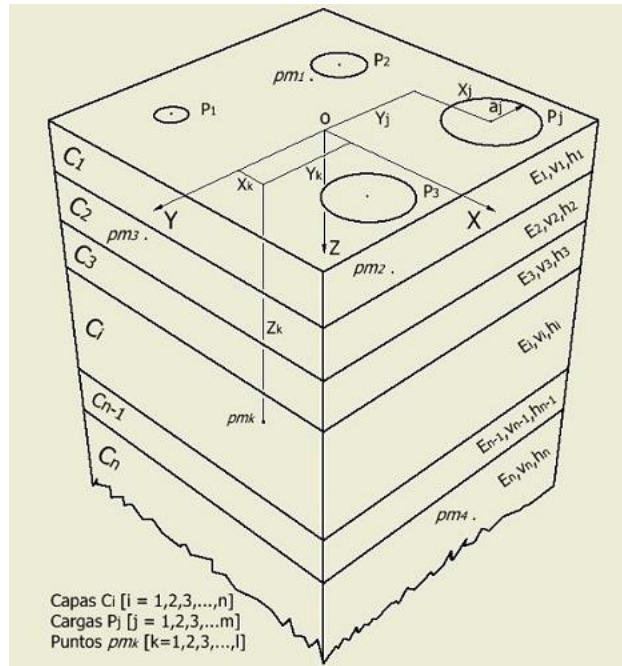


Figura 57. Coordenadas cartesianas tridimensional.

Tabla 51.

Datos de entrada donde se definió los puntos de medición en las diferentes capas.

#	X (in)	Y (in)	Z (in)	Capa #
1	0	-6.9	0	1
2	0	0	0	1
3	0	-6.9	4.8	1
4	0	0	4.8	1
5	0	-6.9	12.7	2
6	0	0	12.7	2
7	0	-6.9	20.6	3
8	0	0	20.6	3
9	0	-6.9	44.2	4
10	0	0	44.2	4
11	0	-6.9	63.1	5
12	0	0	63.1	5

En seguida se muestra los resultados obtenidos con el software PITRA PAVE ver (Tabla 59, 60 y 61).

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Generalidades

En el presente capítulo se presenta la interpretación y discusión de los resultados obtenidos en este proyecto de investigación.

En primer lugar, se muestra los resultados de estudio de mecánica de suelos (EMS), mediante ensayos elaborados en laboratorio de la Municipalidad Provincial de San Román. (Ver sección 4.2 – Tabla 52).

En segundo lugar, se detalla los parámetros y resultados obtenidos para el diseño de pavimentos con la metodología AASHTO 1993. (Ver sección 4.3)

En tercer lugar, se muestra los parámetros y resultados obtenidos para el diseño de pavimentos con la metodología MEPDG 2008. (Ver sección 4.4)

En cuarto lugar, se realiza la comparación económica entre ambos métodos en función a los espesores que conforman el paquete estructural del pavimento. (Ver sección 4.5)

4.2 Resultados de los ensayos de mecánica de suelos

Tabla 52.

Resumen de resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio.

N° de Calicata	N° de Estrato	Profundidad de Muestra (m)	Análisis Granulométrico			Límites de Atterberg			Contenido de Humedad (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Ensayo Proctor		CBR	
			% Gravas	% Arena	% Finos	LL	LP	IP				M.D.S (gr/cm3)	O.C.H. (%)	95%	100%
C-01	E - 02	1.85 - 2.00	6.20	57.90	35.90	NP	NP	NP	12.24	SM	A-4(0)	1.731	14.35	12.40%	15.62%
C-02	E - 03	1.70 - 2.00	0.20	85.00	14.80	NP	NP	NP	9.78	SM	A-1-b	1.790	9.30	10.07%	13.52%
C-03	E - 03	1.60 - 2.00	0.00	95.40	4.60	NP	NP	NP	10.11	SP	A-3(0)	1.790	11.00	10.50%	14.14%
C-04	E - 04	1.65 - 2.00	0.70	13.40	85.90	33.10	20.05	13.05	25.00	CL	A-6	1.430	29.00	8.10%	9.34%
C-05	E - 04	1.80 - 2.00	0.90	13.80	85.30	31.30	16.86	14.44	27.00	CL	A-6	1.430	29.99	7.35%	8.32%
C-06	E - 04	1.85 - 2.00	0.40	37.80	61.80	41.00	23.50	17.50	19.81	CL	A-7-6	1.622	21.60	8.76%	9.22%
Cantera Taparachi	---	---	61.70	32.14	6.16	39.83	17.57	22.25	6.24	GP-GC	A-2-6(0)	2.050	8.70	37.50%	47.01%
Sub rasante (Taparachi + C-05)	---	---	11.77	19.98	68.25	32.4	16.59	15.80	6.24	CL	A-6	1.569	28.58	13.54%	14.72%
Sub Base Granular (50% Taparachi + 50% Isla)	---	---	56.40	40.10	3.50	21.6	18.72	2.83	6.24	GP-GM	A-1-b(0)	2.141	8.90	62.53%	65.82%
Base Granular (40% Taparachi + 60% Isla)	---	---	65.90	29.07	5.03	22.2	21.53	0.72	5.60	GP - GM	A-1-a(0)	2.155	9.20	75.00%	103.6%

Según la (Tabla 52) se puede observar que, en función a los ensayos realizados, se analizara los resultados de CBR ya que para el diseño de pavimentos este es el factor fundamental.

Viéndose en dicha tabla que para la C-01 se ha obtenido un CBR 95% de 12.40%, para la C-02 se obtuvo un CBR 95% de 10.07%, para la C-03 el CBR 95% es de 10.50%, para la C-04 el CBR 95% es de 8.10%, para la C-05 el CBR 95% es de 7.35% y para la C-06 el CBR 95% es de 8.76%.

Con los valores de CBR se procedió a determinar el CBR de diseño, obteniéndose un valor de CBR 95% de 7.91%, por lo tanto, según MTC Sección suelos y Pavimentos (2014) afirma: “Los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, en una profundidad no menor de 0.60m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR > 6\%$. En caso de que el suelo tenga un $CBR < 6\%$, corresponde estabilizar los suelos.” (p.20)

En vista de que el CBR de diseño mantiene un valor cercano al límite inferior, se ha proseguido a realizar un mejoramiento realizando una mezcla con el material proveniente de la C-05 ya que tiene el valor más mínimo de CBR con el material de cantera TAPARACHI, obteniendo como resultado final un “ $CBR 95\% = 13.54\%$ de la Subrasante Mejorada” (ver Tabla 52), para visualizar los ensayos de laboratorio.

Según la norma EG-2013 para material que conforma la subbase de un pavimento, exige como capacidad de soporte de un mínimo de 40% para altitudes mayores a 3000 m.s.n.m. (p. 360). Teniendo para la vía en estudio un $CBR = 65.82\%$ resultante de la combinación de dos canteras (50% ligante Taparachi + 50% hormigón de Isla), estos ensayos se obtuvieron del Laboratorio “Alfa Group Contratistas y consultores S.R.L”, ver Tabla 52.

Según la norma EG-2013 determina parámetros que se deben considerar para conformar la Base de un pavimento, mencionando como capacidad de soporte como mínimo de 100%, esto en función de la cantidad de tráfico en ejes equivalentes (p. 370), siendo este un requisito para realizar el diseño se ha obtenido un $CBR = 103.6\%$ derivados de la combinación de las canteras Taparachi e Isla (40% ligante + 60% hormigón), estos ensayos se obtuvieron del Laboratorio “Alfa Group Contratistas y consultores S.R.L”, ver Tabla 52.

4.3 Parámetros y resultados para la metodología AASHTO 1993

4.3.1 Parámetro Tráfico.

Tabla 53.

Resultados de número de ejes equivalentes (ESAL 's) para el sentido SUR.

	ESTACIÓN 01, AV. LAS AMÉRICAS (S)												
	S	p	IMDA	Rt	n	IMD	FS	FC	FEE	FP	Fvp	N	FCA
Auto	86.71	32.50	4667.73	0.035	20	755	0.5	0.5	0.0122	1.36	1	365	28.28
Pick Up	86.71	32.50	4667.73	0.035	20	517	0.5	0.5	0.0134	1.36	1	365	28.28
Rural Combi	86.71	32.50	4667.73	0.035	20	912	0.5	0.5	0.0220	1.36	1	365	28.28
Micro	86.71	32.50	4667.73	0.035	20	42	0.5	0.5	1.0000	1.36	1	365	28.28
Bus (B2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	36	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70
Bus (B3)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	45	0.5	0.5	2.6313	1.36	1	365	31.70
Camion (C2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	201	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70
Camion (C3)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	73	0.5	0.5	3.2846	1.36	1	365	31.70
Camion (C4)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	19	0.5	0.5	2.7736	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T2S1/T2S2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	10	0.5	0.5	6.5229	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T2-S3)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	19	0.5	0.5	6.2097	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T3S1/T3S2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	12	0.5	0.5	5.3038	1.36	1	365	31.70
Semitrayler >= T3S3	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	5	0.5	0.5	4.9906	1.36	1	365	31.70
Trayler (C2-R2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	0	0.5	0.5	10.9802	1.36	1	365	31.70
Trayler (C2-R3)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70
Trayler (C3-R2)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70
Trayler (C3-R3)	86.71	32.50	4667.73	0.046	20	0	0.5	0.5	8.5421	1.36	1	365	31.70
ESTUDIO PARA 12 hrs													7,160,368.37
PROYECTADO A 24 hrs													14,320,736.75

Tabla 54.

Resultados de número de ejes equivalentes (ESAL 's) para el sentido NORTE.

Tipo de Vehículo	ESTACIÓN 01, AV. LAS AMÉRICAS (N)												
	S	p	IMDA	Rt	n	IMD	FS	FC	FEE	FP	Fvp	N	FCA
Auto	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	758	0.5	0.5	0.0122	1.36	1	365	28.28
Pick Up	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	519	0.5	0.5	0.0134	1.36	1	365	28.28
Rural Combi	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	920	0.5	0.5	0.0220	1.36	1	365	28.28
Micro	72.07	27.01	4914.45	0.035	20	36	0.5	0.5	1.0000	1.36	1	365	28.28
Bus (B2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	30	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70
Bus (B3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	44	0.5	0.5	2.6313	1.36	1	365	31.70
Camion (C2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	205	0.5	0.5	4.5037	1.36	1	365	31.70
Camion (C3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	88	0.5	0.5	3.2846	1.36	1	365	31.70
Camion (C4)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	12	0.5	0.5	2.7736	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T2S1/T2S2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	9	0.5	0.5	6.5229	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T2-S3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	22	0.5	0.5	6.2097	1.36	1	365	31.70
Semitrayler (T3S1/T3S2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	19	0.5	0.5	5.3038	1.36	1	365	31.70
Semitrayler >= T3S3	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	7	0.5	0.5	4.9906	1.36	1	365	31.70
Trayler (C2-R2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	10.9802	1.36	1	365	31.70
Trayler (C2-R3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70
Trayler (C3-R2)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	9.7612	1.36	1	365	31.70
Trayler (C3-R3)	72.07	27.01	4914.45	0.046	20	0	0.5	0.5	8.5421	1.36	1	365	31.70
ESTUDIO PARA 12 hrs													7,430,990.96
PROYECTADO A 24 hrs													14,861,981.92

En vista de que el valor de los ejes equivalentes es un factor primordial que se incluye en diseño de pavimentos con el método AASHTO 93, se ha realizado una tabla de resultados para ambos sentidos, de donde se ha considerado optar por el sentido NORTE para el diseño, ya que cuenta con una mayor cantidad de ejes equivalentes (ESAL 's) (Ver tablas 53 y 54).

4.3.2 Resultados de espesores con método AASHTO 93.

Tabla 55.

Espesores finales de diseño con el método AASHTO 93.

Espesores del Paquete Estructural					
Carpeta asfáltica	:	5.10 plg	12.75	13.00	cm
Base granular	:	12.00 plg	30.00	30.00	cm
Subbase granular	:	7.50 plg	18.75	20.00	cm
Subrasante mejora	:	23.60 plg	60.00	60.00	cm

En la (Tabla 55) se tiene los resultados de diseño del pavimento con la metodología de AASHTO 93, donde se especifica los espesores para cada capa del paquete estructural (Carpeta asfáltica 13 cm, Base granular 30 cm y Subbase granular 20 cm). Para visualizar la memoria de cálculo de diseño, (VER ANEXO C.2).

Dichos espesores se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma, según el Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos menciona en el cuadro 12.17 (p. 145) para una clasificación de tráfico TP11 el espesor mínimo de la carpeta será de 13 cm y para una base granular de un espesor mínimo de 25 cm.

4.4 Parámetros y resultados para la metodología MEPDG

4.4.1 Resultado de entrada de Tráfico – Espectros de carga.

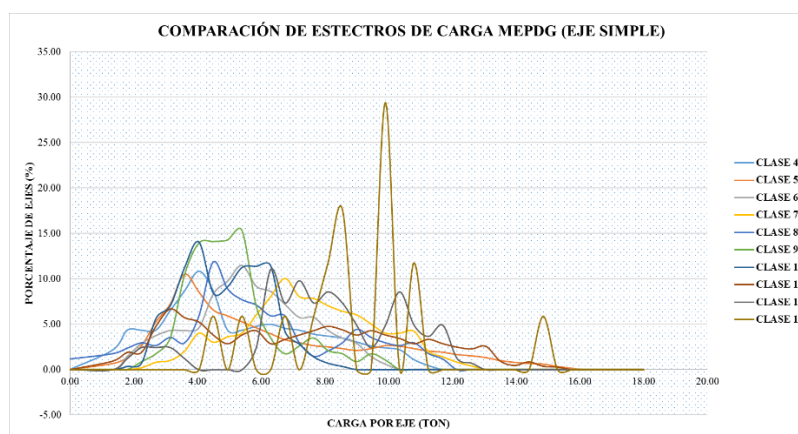


Figura 58. Resumen de resultados de espectros de carga para eje simple.

Según la (Figura 58) los tipos de vehículo con mayor incidencia son la Clase 13 con un rango de peso aproximadamente de 10 Tn representando el punto máximo de un 29%, seguido de la Clase 9 con rango de peso entre 4 a 6 Tn representando el 16%, y la Clase 10 con rango de peso de 4 Tn representando el 14%, para vehículos con ejes simples. Por lo que estos tipos de vehículos tendrán mayor impacto al realizar el análisis de diseño.

En cuanto a vehículos de eje simple se determina que hay mucha diferencia en todas las clases de vehículos siendo el de mayor impacto para el análisis la Clase 13.

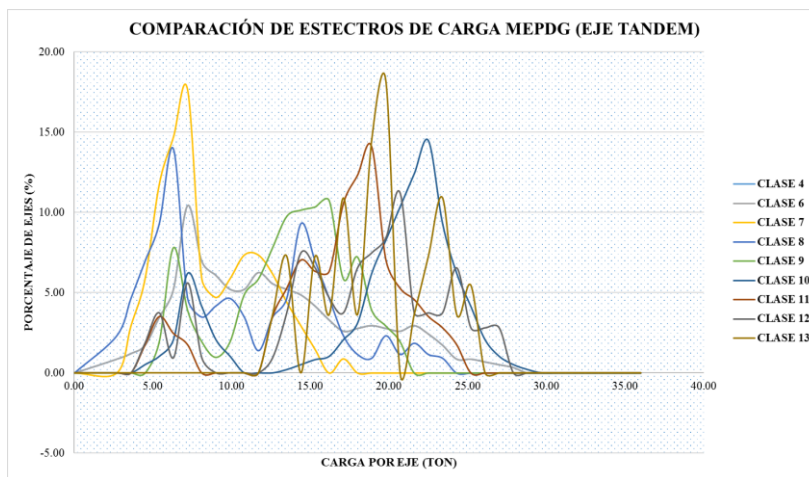


Figura 59. Resumen de resultados de espectros de carga para eje tándem.

Según la (Figura 59) los tipos de vehículos con mayor incidencia son la Clase 13 con un rango de peso de 20 Tn representando el punto máximo de un 18%, seguido de la Clase 7 con rango de peso entre 5 a 10 Tn representando el 17%, de la misma forma la Clase 10 con rango de peso entre 20 - 25 Tn representando el 14%, seguidos de las Clase 8 y 11 con rangos de peso 5 – 8 Tn y 18 – 20 Tn respectivamente representando una similitud de un 13%, para vehículos con ejes tándem. Por lo que estos tipos de vehículos tendrán mayor impacto al realizar el análisis de diseño.

De todas las Clases de vehículos existen una diferencia notable entre rangos de peso y porcentajes de incidencia en el diseño del pavimento.

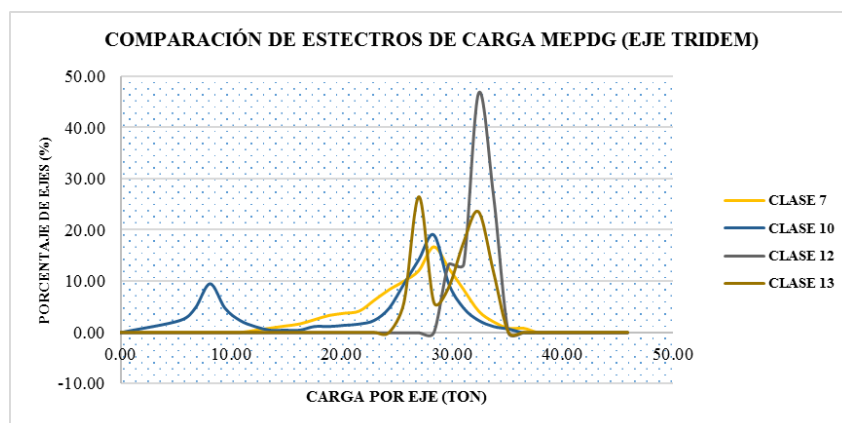


Figura 60. Resumen de resultados de espectros de carga para eje tridem.

Según la (Figura 60) los tipos de vehículos con mayor incidencia son la Clase 12 con un rango de peso de 30 Tn representando el punto máximo de un 47%, seguido de la Clase 13 con rango de peso entre 25 a 30 Tn representando el 27%, de la misma forma la Clase 10 con rango de peso de 30 Tn representando el 19%, seguido de la Clase 7 con rangos de peso de 28 Tn representando un 17%, para vehículos con ejes tridem. Por lo que estos tipos de vehículos tendrán mayor impacto al realizar el análisis de diseño.

Todas estas clases de vehículos tiene diferencias significativas en cuanto a los rangos de pesos y su porcentaje de impacto para el diseño del pavimento.

4.4.2 Resultado de los modelos de predicción al Nivel 1.

Tabla 56.

Resumen de confiabilidad para toda la vida de diseño del pavimento al nivel 1.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	200	90	122.8	99.999	Pass
AC Surface Down Cracking (Long Cracking) (ft/500ft):	200	90	431.882	63.181	Fail
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (10 %):	370	90	110.256	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/500ft):	80	90	119.40	49.25	Fail
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.30	90	0.441	47.999	Fail
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90	0.617	99.999	Pass

En esta tabla se muestra un resumen de los resultados de los modelos de predicción realizada según el análisis para el diseño de pavimento flexible mediante el uso del software MEPDG, en donde se puede observar que algunos criterios de desempeño se encuentran

fuera de los límites máximos permitidos, en las siguientes figuras se detalla cada resultado mostrado en la Tabla 56.

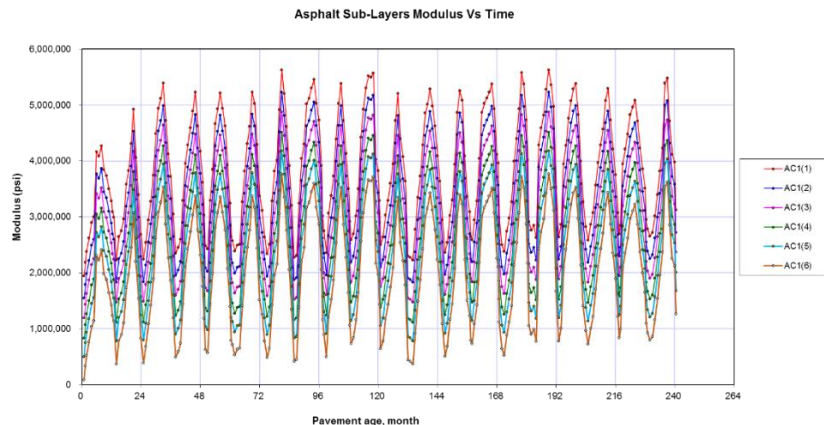


Figura 61. Módulos del concreto asfáltico pronosticados en el diseño de prueba.

En la figura mostrada se muestra los valores de módulo de resiliencia en función al tiempo, donde se puede observar que a medida que pasa el tiempo el módulo resiliente es variable debido a que en algunas épocas la cantidad de manifestación vehicular se incrementa y disminuye.

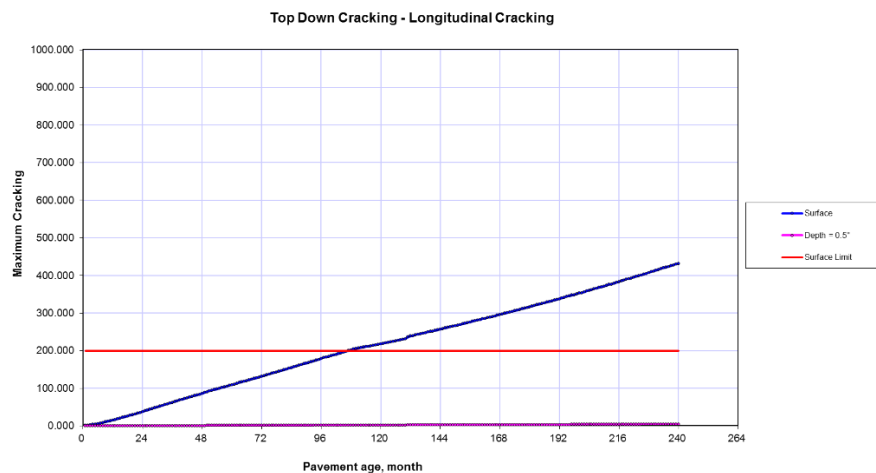


Figura 62. Fisuras longitudinales de arriba hacia abajo.

En la figura mostrada se puede visualizar el comportamiento de la superficie del pavimento o carpeta asfáltica conforme el tiempo pasa, el cual empieza a presentar falla progresiva permitido hasta llegar a su máximo falla de fisuramiento de 431.882ft/500ft en 20 años, por lo tanto, se deduce que esta fuera del rango máximo dado por la guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos el cual menciona que para fallas longitudinales de la carpeta asfáltica es de 200ft/500ft. Por lo que este criterio de desempeño no es aceptable ya

que esta fuera del límite con una confiabilidad de 63.181% siendo este menor a la confiabilidad establecida de 90% (ver Tabla 56).

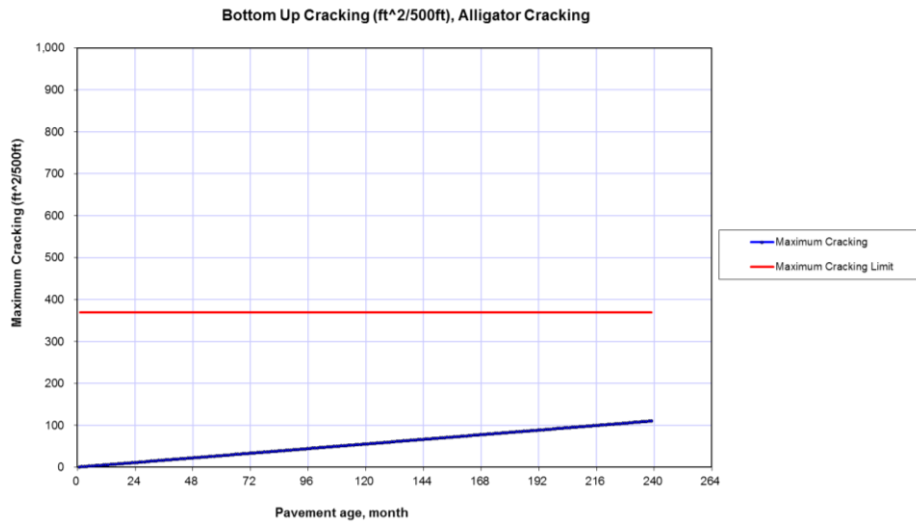


Figura 63. Pronóstico de las grietas de la piel de cocodrilo.

En la figura mostrada se observa el pronóstico de las grietas de piel de cocodrilo y a través del tiempo, la carpeta asfáltica presenta fallas progresivas de acuerdo al tiempo que pasa, sin embargo, la falla que presenta el pavimento cumple el límite máximo establecido por la guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos que es de 370 y para su determinación menciona que para grietas de piel de cocodrilo de la carpeta asfáltica es el 10 % del ancho del carril.

Por lo tanto, el ancho de carril para el diseño de pavimento flexible en estudio es de 3.60 m de donde resulta un valor de 110.356 en un lapso de 20 años ($110.356 < 370$), el cual está dentro de los límites máximos establecidos donde esta cumple con una confiabilidad de ($99.999\% > 90\%$) (ver Tabla 56).

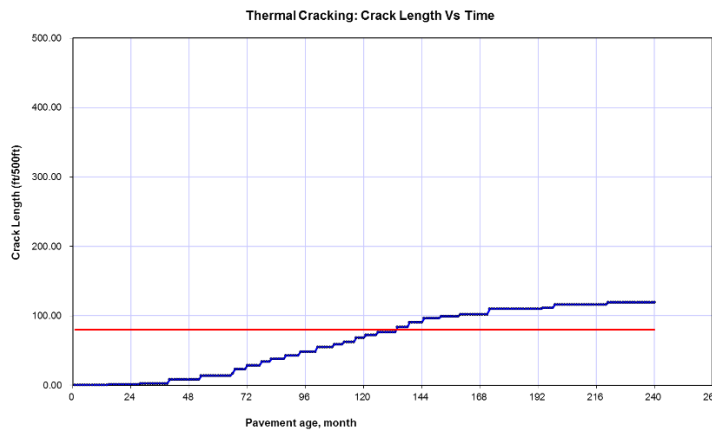


Figura 64. Pronóstico de las grietas por temperatura.

En la figura mostrada se presenta el pronóstico para la longitud de grietas por temperatura de acuerdo al paso del tiempo, la guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos establece el límite máximo para longitud de grietas por temperatura de 80 ft/500ft, cabe resaltar que la longitud de grieta que pronostica el diseño de pavimento con la metodología MEPDG es de 119.4ft/500ft durante el plazo de 20 años, el cual se encuentra fuera del rango establecido, por lo que este modelo de desempeño no es aceptable y tiende a presentar fallas a la edad de 133 meses (11 años) prolongándose durante todo su ciclo de vida, siendo la confiabilidad de $(49.25\% < 90\%)$.

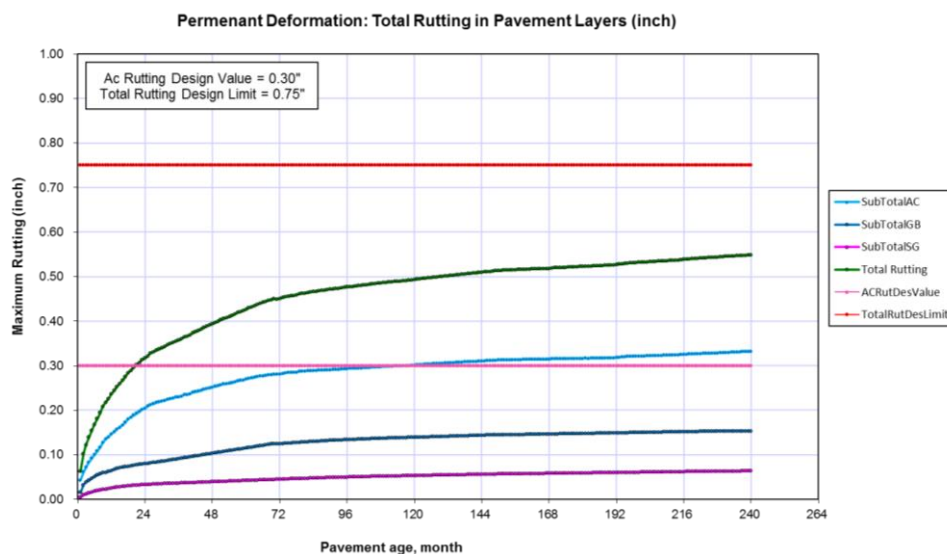


Figura 65. Pronóstico de la deformación permanente o ahuellamiento.

En la figura mostrada se observa la deformación permanente o ahuellamiento del pavimento en un lapso de 20 años, cave recalcar que la guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos establece el límite máximo para deformación permanente o ahuellamiento de 0.30in, además establece un parámetro máximo de 0.75in para la falla total (Total rutting) del pavimento (ver Tabla 56), en ese entender se puede observar valores de deformación permanente progresivo desde cuándo empieza su desempeño del pavimento alcanzando máximos valores en 20 años donde para carpeta asfáltica 0.3318in, base granular 0.153in y sub base granular 0.0633in los cuales están dentro del límite máximo establecido por la guía MEPDG 2008.

Para verificar la falla por deformación permanente de la Carpeta Asfáltica como se puede observar en la Figura 83, este se encuentra fuera del límite máximo establecido por la guía mecánica empírica MEPDG, donde menciona un límite de 0.30in, y llegando la

carpeta a una falla de 0.441in, rompiendo con el límite establecido a la edad de 9 años aproximadamente y aumentando progresivamente hasta los 20 años de diseño del pavimento.

Por otro lado, Total Rutting representa la falla total de las tres capas (subbase granular, base granular y carpeta asfáltica), donde está dado el límite máximo con valor de 0.75, en el diseño el Total Rutting es de 0.548in el cual está dentro del límite máximo, por lo tanto, cumple con una confiabilidad de (99.999% > 90%) (Ver Tabla 56).

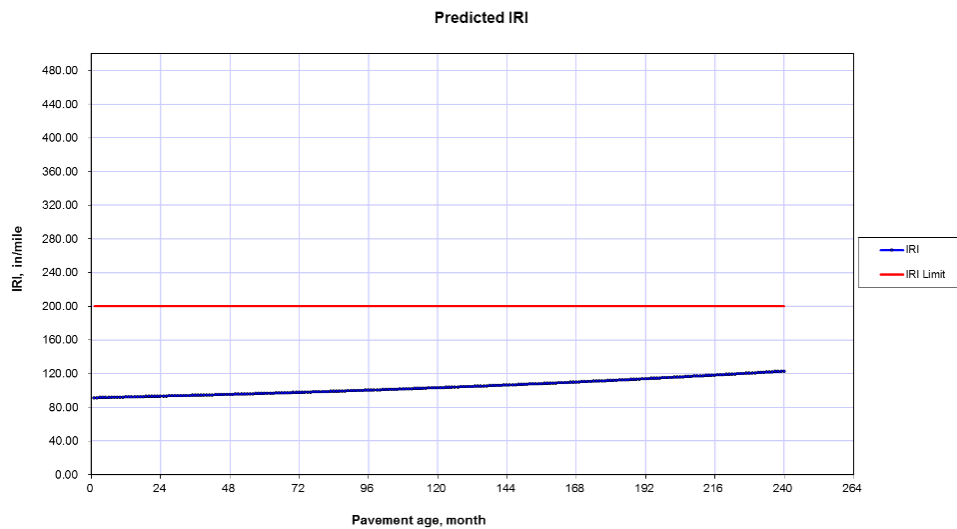


Figura 66. Pronóstico del IRI.

En la figura mostrada se presenta una representación gráfica del pronóstico del IRI para 20 años de servicio del pavimento, el IRI de servicio es el resultado del IRI inicial el cual va en aumento conforme pasa el tiempo en función al aumento progresivo de ahuellamiento, grietas, ondulaciones y otros, sin embargo la Guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos establece límite máximo para el IRI terminal el cual es de 200 in/milla en ese contexto el valor de IRI terminal para 20 años del diseño es de 122.80 in/milla donde está dentro del parámetro establecido donde cumple con una confiabilidad de (99.999% > 90%).

Finalmente, según la Guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos el IRI es el resultado de todas las fallas, en ese entender el IRI terminal de diseño es menor que el IRI terminal máximo establecido por la norma, esto da lugar que el pavimento necesitara mantenimientos rutinarios para las fallas de fisuramiento longitudinal, térmico y ahuellamiento de la carpeta asfáltica.

4.4.3 Resultado de los modelos de predicción al Nivel 3.

Tabla 57.

Resumen de confiabilidad para toda la vida de diseño del pavimento al nivel 3.

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	200	90	334.70	67.351	Fail
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/500ft):	200	90	222.50	42.181	Fail
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (10 %):	370	90	20.59	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/500ft):	80	90	353.40	34.642	Fail
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.30	90	0.94	47.233	Fail
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90	1.57	52.124	Fail

En esta presente tabla se muestra los resultados finales de los modelos de predicción, al realizar el diseño con datos de entrada al Nivel 3 (Por defecto), por lo tanto se puede mencionar que en su gran mayoría los valores se encuentran fuera de los rangos establecidos por la normativa de la guía mecanística empírica MEPDG, resultando el único criterio dentro del rango la falla por fatiga que cumple con el criterio de confiabilidad ($99.99 > 90$), y los demás modelos de predicción se encuentra fuera de los rangos máximos, por lo tanto se deduce que el IRI terminal no cumple ($67.351 < 90$ por ciento), por ende este diseño de prueba no se puede considerar como aceptable con respecto al nivel de confiabilidad del 90 por ciento (para ver los resultados al nivel 3 – ANEXO D.4)

4.4.4 Resultado de espesores con método MEPDG al nivel 1.

Mediante una iteración en el cálculo para el diseño de pavimentos, en vista de que los parámetros a analizar están dentro de los límites establecidos por la norma AASHTO 2008, se ha visto por conveniente reducir los espesores asumidos por lo que en el siguiente cuadro se muestra el resumen de los espesores obtenidos mediante este método. Cabe resaltar que con estos nuevos espesores los criterios de desempeño están dentro de los límites máximos permitidos excepto la falla por fisuramiento longitudinal, fallas térmicas.

Tabla 58.

Espesores finales de diseño con el método MEPDG.

Espesores del Paquete Estructural				
Carpeta asfáltica	:	4.80 plg	12.00	cm
Base granular	:	7.90 plg	20.00	cm
Subbase granular	:	7.90 plg	20.00	cm
Subrasante mejora	:	23.60 plg	60.00	cm

En comparación a la norma AASHTO 93 exigiendo espesores mínimos en función a la caracterización de tráfico siendo para el caso un TP11, mencionado en el Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos, los espesores calculados por el método MEPDG se encuentran al límite permitido por dicha normativa.

4.4.5 Resultados del análisis de esfuerzo, deformación y deflexión.

Los resultados que nos brinda el software PITRA PAVE es en una escala tridimensional, en la (Figura 57).

Tabla 59.

Resultado de esfuerzos en cada capa respectivo a su punto de medición.

Esfuerzos						
#	Sxx (kg/cm ²)	Syy (kg/cm ²)	Szz (kg/cm ²)	Sxy (kg/cm ²)	Sxz (kg/cm ²)	Syz (kg/cm ²)
1	16.61284103	14.70259984	8.4087172	-3.50966E-16	4.52868E-32	2.46531E-16
2	-9.65596338	-7.89055461	2.482469863	3.24319E-16	-5.18563E-17	-0.282289636
3	-0.441963863	-0.287042389	0.79587524	2.84589E-17	-3.79721E-17	-0.206709611
4	-0.501176419	-0.413559835	0.358270411	1.6094E-17	-1.23832E-17	-0.067411758
5	-0.038234353	-0.033752985	0.115521432	8.23154E-19	-2.43283E-18	-0.01324373
6	-0.000927912	6.56646E-05	0.06753831	1.82524E-19	-1.0629E-18	-0.005786336

- ✓ De la tabla 59 esfuerzo en (Szz), se ve que los puntos de medición 1 y 2 tienen mayor influencia en forma directa a la superficie de la estructura, para ver gráfico ir al (ANEXO D.5).
- ✓ El máximo esfuerzo vertical se presenta en el punto 1, afectando a nivel de la carpeta asfáltica, siendo su magnitud equivalente a la presión de contacto. Siendo para este caso la presión de contacto de 8.41 kg/cm² (ver tabla 59).
- ✓ El esfuerzo vertical se disparará en función de los espesores y los módulos de elasticidad que presenta cada material que conforma todo el paquete estructural.

- ✓ Para esta investigación la carpeta asfáltica llega a disipar un 78.91% del esfuerzo vertical, la base granular disipa un 13.40% del esfuerzo vertical, la sub base granular disipa un 4.72% del esfuerzo vertical, la subrasante mejorada disipa un 1.94%. Todo este paquete llega a disipar un 98.98% y solo llega a la subrasante el 1.02% del esfuerzo vertical.

Tabla 60.

Resultado de deformación en cada capa respecto a su punto de medición.

Deformaciones						
#	Exx (kg/cm2)	Eyy (kg/cm2)	Ezz (kg/cm2)	Exy (kg/cm2)	Exz (kg/cm2)	Eyz (kg/cm2)
1	1.98231E-05	1.38252E-05	-5.93349E-06	-2.2037E-21	2.84357E-37	1.54795E-21
2	-1.80541E-05	-1.25111E-05	2.00551E-05	2.03644E-21	-3.25613E-22	-1.77251E-06
3	-1.24204E-05	-8.23084E-06	2.10527E-05	1.53916E-21	-2.05367E-21	-1.11795E-05
4	-1.29372E-05	-9.76142E-06	1.82158E-05	1.16674E-21	-8.9775E-22	-4.88697E-06
5	-5.23942E-06	-4.7761E-06	1.06585E-05	1.70227E-22	-5.03096E-22	-2.73874E-06
6	-2.9138E-06	-2.7689E-06	7.07218E-06	5.32407E-23	-3.10054E-22	-1.68786E-06

- ✓ De la tabla 60 deformación en (Ezz), se puede observar la superficie de rodadura presenta en una instancia una deformación a compresión ya que es negativo y pasa a ser de tensión a medida que se incrementa la profundidad, para ver el gráfico ir al ANEXO D.5.
- ✓ En los puntos de medición 1 y 2, aproximadamente a una profundidad de 1" del espesor de la carpeta asfáltica la deformación es nula.
- ✓ Para la estructura en estudio, puntos 1 a 2, aproximadamente en la mitad del espesor de la capa asfáltica la deformación radial es nula como se ve en el gráfico del ANEXO D.5.
- ✓ La máxima deformación se presenta en el intermedio de la capa base granular, como se ve en el gráfico del ANEXO D.5, y desde ese punto tiene a disminuir.

Tabla 61.

Resultado de deflexiones en cada capa respectivo a su punto de medición.

Deflexiones			
#	dx (mm)	dy (mm)	dz (mm)
1	3.69824E-18	0.020132548	0.5830316
2	-2.25892E-18	-0.012296902	0.5678424
3	-3.92608E-18	-0.021372322	0.481584
4	-4.95224E-18	-0.02695956	0.425323
5	-2.35527E-18	-0.012821412	0.2855722
6	-1.37198E-18	-0.00746887	0.2220595

- ✓ Según la tabla 61 la deflexión en (dz), la mayor deflexión se presenta en el punto de aplicación de la carga generada por el tránsito, en el punto de simetría al eje o sea cuando $r = 0$ y $z = 0$. Siendo para este modelo de referencia en estudio, la deflexión máxima es de 0.70058mm.
- ✓ Este valor se disipa en función a los espesores de la carpeta asfáltica, base granular, sub base granular y calidad de la subrasante expresada en sus módulos de elasticidad, ver gráfico en el ANEXO D.5.
- ✓ Para este caso en estudio la carpeta asfáltica llega a disipar 0.867mm (33.79%), la capa base granular de 0.525mm (20.45%), la sub base granular de 0.453mm (17.68%), la subrasante mejorada de 0.355mm (13.86%), absorbiendo por último la subrasante de suelo natural de 0.365mm (14.22%).

4.5 Comparación económica en función a los espesores calculados por los dos métodos

En la siguiente Tabla se da a conocer los resultados de los espesores finales obtenidos mediante los métodos aplicados AASHTO 1993 y MEPDG 2008, y en relación a ello se realizó un presupuesto tentativo en donde muestra la diferencia que existe al aplicarse los dos métodos.

Tabla 62.

Comparación económica para el paquete estructural del pavimento.

	AASHTO 93		MEPDG generado		MEPDG por defecto	
	Espesores (cm)	Presupuesto (S/.)	Espesores (cm)	Presupuesto (S/.)	Espesores (cm)	Presupuesto (S/.)
Carpeta asfáltica	13.00	719,886.60	12.00	667,778.40	13.00	719,886.60
Base granular	30.00	148,626.50	20.00	123,852.57	25.00	133,584.97
Sub base granular	20.00	98,177.50	20.00	73,631.43	20.00	97,744.53
Sub rasante mejorada	60.00	106,128.00	60.00	106,128.00	60.00	106,128.00
TOTAL	123.00	1,072,818.60	112.00	971,390.40	118.00	1,057,344.10

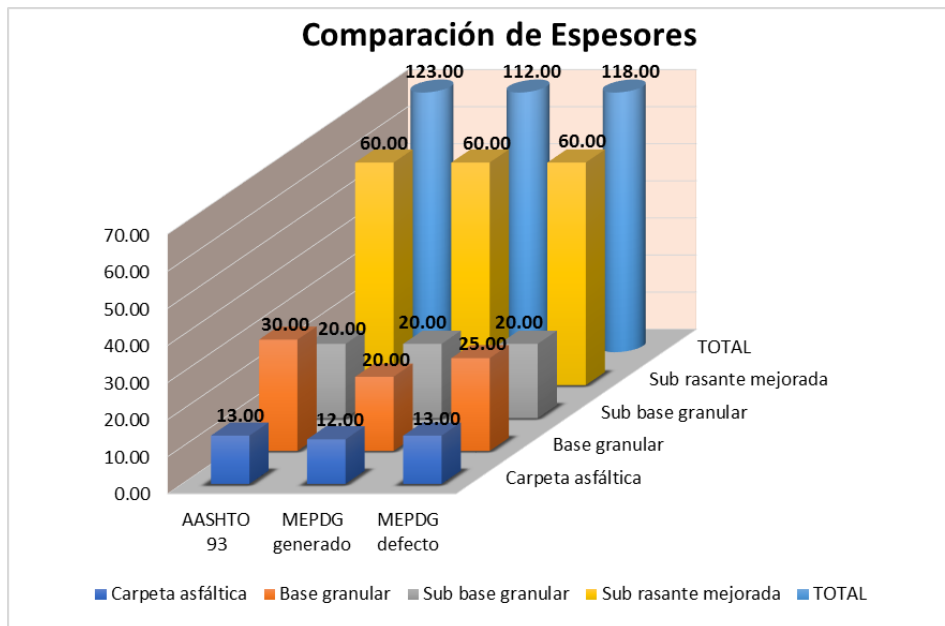


Figura 67. Comparación de espesores.

En la figura mostrada se observa la diferencia de los espesores de cada capa que existe entre ambas metodologías, para el diseño final se puede afirmar que el método mecanístico empírico MEPDG con datos de entrada al nivel 1, presenta en su análisis espesores menores en comparación al método empírico AASHTO 1993, por lo que el método MEPDG representaría una disminución económica en el diseño de pavimentos, y de la misma forma sería un pavimentos más racional ya que para su análisis requiere de una mayor variedad de datos de entrada.

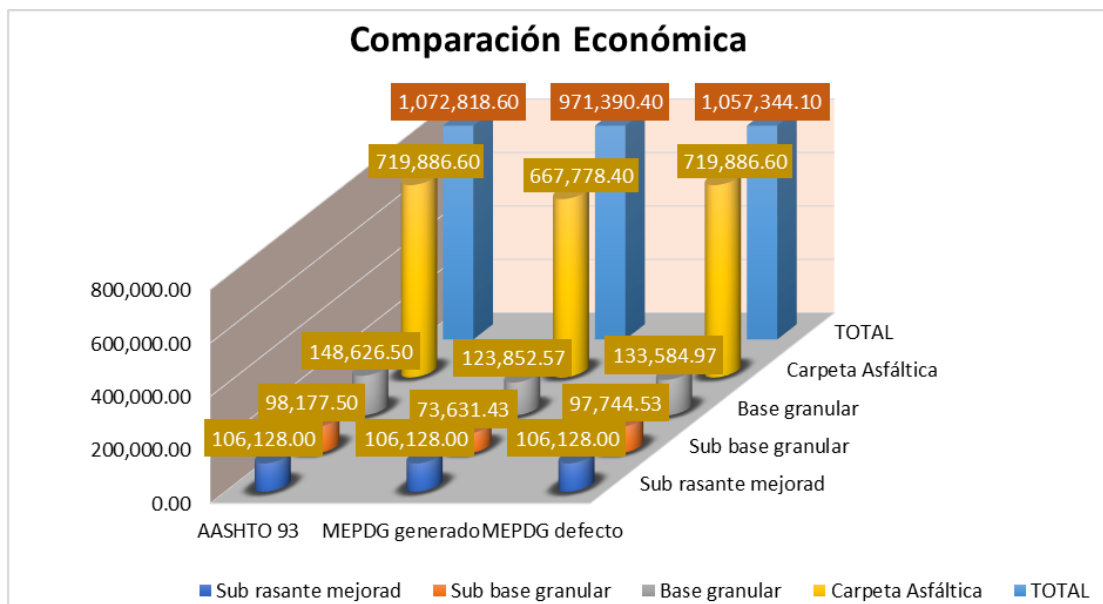


Figura 68. Comparación económica del paquete estructural del pavimento.

En la figura mostrada se muestra los resultados del presupuesto que representaría cada capa componente del paquete estructural del pavimento, y un presupuesto total aplicadas para cada metodología, siendo el presupuesto para la carpeta asfáltica con el método MEPDG generado de S/. 667,778.40 y con el método AASHTO 93 de S/. 719,886.6, para la base granular con MEPDG S/. 123,852.57 y con el método AASHTO 93 S/. 148,626.50, y para la Sub base granular con el método MEPDG S/. 73,631.43, con AASHTO 93 S/. 98,177.5, todos estos análisis se realizaron en función a los espesores y para la distancia de 01+00 kilómetros, el presupuesto final de todo el paquete estructural por el método MEPDG es de S/. 971,390.40 y con el método AASHTO 93 es de S/. 1,072,818.60, existiendo una diferencia de S/. 101,428.20 representante de 01+00 km, por lo que se deduce que el método mecanístico empírico MEPDG es más económico en comparación al método usado convencionalmente AASHTO 93. El análisis de presupuesto se detalló en el capítulo anterior.

4.5.1 Análisis de Costos de mantenimiento.

Para realizar un análisis comparativo de costos de mantenimiento de un pavimento flexible diseñadas por ambas metodologías, se tomaron en cuenta la carretera Avenida Circunvalación Oeste diseñada por el método AASHTO 93, y la carretera de la Av. circunvalación Este de la ciudad de Juliaca diseñado por el método MEPDG.

Según Vega (2018) menciona que “de acuerdo a los resultados del análisis realizado en HDM-4 (Ver Anexo 2), se tiene la siguiente tabla que resume las actividades necesarias para cumplir con los niveles de servicio establecidos:” (p. 104).

Tabla 63.

Resumen de actividades de mantenimiento con el método AASHTO 93.

AASHTO 1993			
Año	Descripción	Metrado	P.U. (S/.)
1	Construcción	---	0.00
2	No hay intervención	---	0.00
3	No hay intervención	---	0.00
4	No hay intervención	---	0.00
5	No hay intervención	---	0.00
6	Sellado asfáltico	7,200 m2	4.99
7	No hay intervención	---	0.00
8	No hay intervención	---	0.00
9	Sellado asfáltico	7,200 m2	4.99
10	Fresado y Recapeo 0.75"	7,200 m2	28.38
11	No hay intervención	---	0.00
12	No hay intervención	---	0.00
13	Sellado asfáltico	7,200 m2	4.99
14	No hay intervención	---	0.00
15	No hay intervención	---	0.00

Nota: Fuente, (Vega, 2018)

Para definir la cantidad de metrado a intervenir para MEPDG generado se ha realizado en función a los modelos de predicción, del cual para la falla por fisuramiento longitudinal supera el límite permitido a la edad de 9 años siendo el límite de 400m/km, y fisuramiento transversal de 160m/km (ver tabla 56), haciendo un total de 560m/km para un ancho de 7.2m de donde resulta 4032 m2. Según el modelo de predicción por deformación permanente se pudo ver que falla a la edad de 11 años por lo tanto se asume para 01+00 km por un ancho de 7.2m, haciendo un 7200m2. Para la edad de 15 años se toma un promedio de las fallas por fisuramiento longitudinal y transversal realizándose una falla de 448m/km afectado por el ancho de la vía hace un área = 3226m2, y por último para la edad de 18 años a criterio del diseñador se resta los parámetros establecidos a la falla final que presentaría el pavimento siendo la combinación de las fallas por fisuramiento de 540m/km haciendo un área = 3888m2. Realizándose del mismo modo para el MEPDG por defecto en función a los modelos de predicción (ver ANEXO D.4).

Tabla 64.

Resumen de actividades de mantenimiento con el método MEPDG generado y por defecto.

MEPDG 2008 Generado			MEPDG 2008 por Defecto		
Año	Descripción	Metrado	Año	Descripción	Metrado
1	Construcción	---	1	Construcción	---
2	No hay intervención	---	2	No hay intervención	---
3	No hay intervención	---	3	Sellado asfáltico	3,196 m2
4	No hay intervención	---	4	No hay intervención	---
5	No hay intervención	---	5	No hay intervención	---
6	No hay intervención	---	6	No hay intervención	---
7	No hay intervención	---	7	Fresado y Recapeo 1"	7,200 m2
8	No hay intervención	---	8	No hay intervención	---
9	Sellado asfáltico	4,032 m2	9	No hay intervención	---
10	No hay intervención	---	10	Sellado asfáltico	5,738 m2
11	Fresado y Recapeo 0.3"	7,200 m2	11	No hay intervención	---
12	No hay intervención	---	12	No hay intervención	---
13	No hay intervención	---	13	Sellado asfáltico	4,635 m2
14	No hay intervención	---	14	No hay intervención	---
15	Sellado asfáltico	3,226 m2	15	No hay intervención	---
16	No hay intervención	---	16	Sellado asfáltico	3,254 m2
17	No hay intervención	---	17	No hay intervención	---
18	Sellado asfáltico	3,888 m2	18	No hay intervención	---
19	No hay intervención	---	19	Sellado asfáltico	3,931 m2
20	No hay intervención	---	20	No hay intervención	---

Vega (2018) muestra el análisis de precios unitarios según el proyecto de mantenimiento visualizándose las partidas a considerar: sellado asfáltico con un valor de S/: 4.99 por m2, partida fresado y recapeo 1" con un costo de S/. 28.38 por m2, del mismo modo se observa las demás partidas consideradas en el mantenimiento. (p. 106)

En la siguiente tabla se muestra los costos de mantenimiento según los costos unitarios definidos anteriormente, y en las diferentes edades intervenidas de la carretera a analizar, se muestra los valores para ambas metodologías.

Tabla 65.
Costo de mantenimiento para ambas metodologías.

Año	AASHTO 93	MEPDG Generado	MEPDG por Defecto
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	15,948.04
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	35,928.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	204,314.00
8	0.00	0.00	0.00
9	35,932.00	20,121.92	0.00
10	204,314.00	0.00	28,632.62
11	0.00	81,734.40	0.00
12	0.00	0.00	0.00
13	35,932.00	0.00	23,128.65
14	0.00	0.00	0.00
15	0.00	16,099.53	0.00
16	0.00	0.00	16,237.46
17	0.00	0.00	0.00
18	0.00	19,403.28	0.00
19	0.00	0.00	19,615.69
20	0.00	0.00	0.00
TOTAL	S/.312,106.00	S/.137,359.13	S/.307,876.46

Se puede apreciar que el costo del mantenimiento mediante el método AASHTO para 15 años es de S/. 312,106.00, por otro lado, por el método MEPDG generado para 15 años es de S/. 117,955.90, y para la edad de 20 años asciende a S/. 137,359.13. Por lo tanto, existe una diferencia de S/. 174,746.87 para el mantenimiento de una vía de 01+000 km.

Tabla 66.
Costo de mantenimiento acumulado con presupuesto base para ambas metodologías.

Año	AASHTO 93	AASHTO Acumulado	MEPDG Generado	MEPDG Generado Acumulado	MEPDG por Defecto	MEPDG Defecto Acumulado
1	0.00	1,072,818.60	0.00	971,390.40	0.00	1,057,344.10
2	0.00	1,072,818.60	0.00	971,390.40	0.00	1,057,344.10
3	0.00	1,072,818.60	0.00	971,390.40	15,948.04	1,073,292.14
4	0.00	1,072,818.60	0.00	971,390.40	0.00	1,073,292.14
5	0.00	1,072,818.60	0.00	971,390.40	0.00	1,073,292.14
6	35,928.00	1,108,746.60	0.00	971,390.40	0.00	1,073,292.14
7	0.00	1,108,746.60	0.00	971,390.40	204,314.00	1,277,606.14
8	0.00	1,108,746.60	0.00	971,390.40	0.00	1,277,606.14
9	35,932.00	1,144,678.60	20,121.92	991,512.32	0.00	1,277,606.14
10	204,314.00	1,348,992.60	0.00	991,512.32	28,632.62	1,306,238.76
11	0.00	1,348,992.60	81,734.40	1,073,246.72	0.00	1,306,238.76
12	0.00	1,348,992.60	0.00	1,073,246.72	0.00	1,306,238.76
13	35,932.00	1,384,924.60	0.00	1,073,246.72	23,128.65	1,329,367.41
14	0.00	1,384,924.60	0.00	1,073,246.72	0.00	1,329,367.41
15	0.00	1,384,924.60	16,099.53	1,089,346.25	0.00	1,329,367.41
16	0.00	0.00	0.00	1,089,346.25	16,237.46	1,345,604.87
17	0.00	0.00	0.00	1,089,346.25	0.00	1,345,604.87
18	0.00	0.00	19,403.28	1,108,749.53	0.00	1,345,604.87
19	0.00	0.00	0.00	1,108,749.53	19,615.69	1,365,220.56
20	0.00	0.00	0.00	1,108,749.53	0.00	1,365,220.56

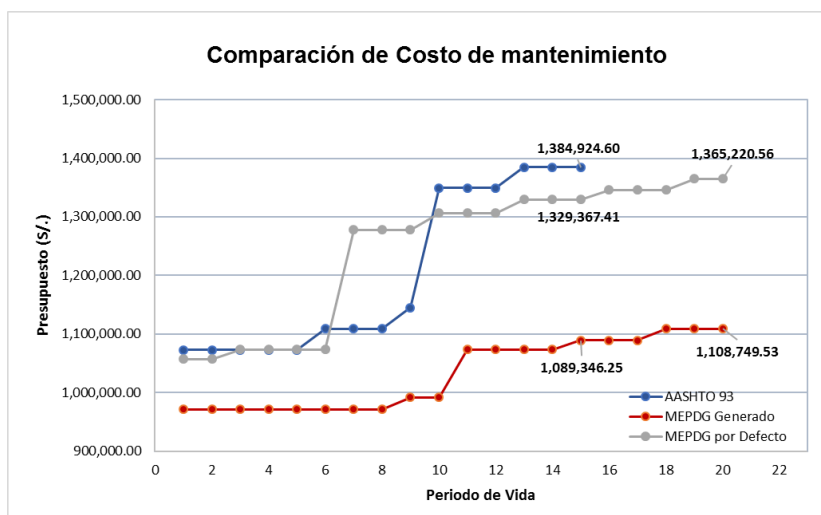


Figura 69. Comparación de costo de mantenimiento acumulado.

La variabilidad existente entre los presupuestos de mantenimiento se debe a la cantidad de variables que el método mecanístico empírico MEPDG considera al momento de realizar el diseño, dándonos con anterioridad una reacción a las fallas que puedan presentar durante todo su ciclo de vida, en comparación al método AASHTO 93 no hace un análisis sobre los modelos de predicción por lo tanto se diseña los espesores sin saber cómo será su comportamiento una vez construida o a que edad empezará a presentar fallas. El comportamiento que presenta el diseño con MEPDG tomada por defecto se debe a que los modelos de predicción no son consistentes ya que no considera valores directamente de la zona en estudio.

4.6 Conclusión de hipótesis.

Los parámetros climáticos (Temperatura, precipitación, nubosidad, radiación solar, nivel freático, velocidad del viento, humedad relativa) se obtuvieron a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú sede Puno, en ese contexto se pudo lograr el objetivo planteado. En el presente proyecto el cual consiste en implementar la base de datos EICM con un archivo de extensión “icm” denominada “Juliaca-DZ.13.icm” por lo que se llega a cumplir con la entrada de datos al nivel 1, y se determina que la hipótesis alterna es la que prevalece.

Los parámetros de tráfico que considera la nueva metodología MEPDG es determinada a través de conteo vehicular, datos proporcionados de pesaje COVISUR donde se llega a caracterizar cada parámetro de tráfico con datos que corresponden a lugar de estudio en ese contexto se determinó que la entrada de datos al software MEPDG es al nivel

1, por lo tanto, según la obtención de datos de pesaje se determina que la hipótesis alterna supuesta se cumple.

Mediante ensayos de mecánica de suelos se llega a determinar las propiedades mecánicas del suelo, estas con el fin de cumplir con la entrada de datos al nivel 1, sin embargo, existen una variedad de datos donde estas deben tener un registro de datos anteriores por lo que este no se practica en nuestra región tal motivo llevó a que no se pueda introducir algunos datos al nivel 1, en ese contexto se concluye para la siguiente hipótesis que no se logra obtener datos al 100%, por lo tanto prevalece la hipótesis alterna.

Al realizar el diseño de ambos métodos AASHTO 1993 Y MEPDG se logra determinar las deficiencias que presenta un método convencional ante un método mecanístico mediante el criterio de comparación, se determinó claramente que un diseño hecho con la metodología MEPDG es más eficiente que el método convencional además reduce el costo esto en función al espesor del paquete estructural, llegándose a determinar que la hipótesis planteada prevalece.

Finalmente, una vez determinada los parámetros de diseño se llega a obtener un diseño racional y económico con la nueva metodología mecanística empírica MEPDG.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Mediante la presente investigación se ha determinado el diseño del pavimento para la Av. Circunvalación Este para el tramo Óvalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (00+000 – 01+000 km) de la ciudad de Juliaca, llegándose a determinar lo siguiente:

Primero: Con la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para el diseño de pavimento flexible se determina los espesores finales que podría representar el paquete estructural (carpeta asfáltica = 12cm, base granular = 20cm y subbase granular = 20cm y subrasante = 60.00cm - ver resultados en la tabla 58) y de la misma forma calcula los modelos de predicción de las fallas que intervendrían una vez puesta en servicio, como son las fallas por fatiga, fisuramientos longitudinales, térmicos, deformación permanente o ahuellamiento e IRI (Ver resultados en la tabla 56), datos que son relevantes al momento de realizar el diseño del pavimento debido a que nos muestra el desempeño que tendrá dicha vía, ya que se le aplica una mayor cantidad de variables directamente de la zona en estudio, por otro lado el método convencional utilizado AASHTO 93 determina los espesores del pavimento (carpeta asfáltica = 13cm, base granular = 30cm y subbase granular = 20cm – ver resultados en la tabla 55), sin analizar cómo será el comportamiento durante todo su ciclo de vida.

En vista de que la metodología AASHTO 93 no emplea un análisis de desempeño del pavimento, en consecuencia, los espesores suelen ser subdimensionados o sobredimensionados debido a que no se conoce como será el comportamiento del pavimento. De modo que mediante esta investigación se determinó espesores sobredimensionados como se puede ver en la Figura 67.

Por lo que se ha visto conveniente emplear para el diseño de pavimento el método MEPDG, ya que este evalúa las estimaciones de las consecuencias que presentara por las nuevas condiciones de carga (espectros de carga), considera una mayor efectividad en el uso de los materiales, por ejemplo, los materiales estabilizados pueden emplearse en el

pavimento con la finalidad de pronosticar el comportamiento a lo largo de su vida útil. Los modelos de predicción del pavimento deben ser incluidos en el diseño para evitar fallas futuras, ya que con el pasar de los años el pavimento se endurece y presenta fallas por fatiga, deformaciones, fisuras, grietas, y mediante esta metodología mecánica - empírica MEPDG se pueden realizar las correcciones necesarias a través de los materiales, nuevas formas de caracterizar el paquete estructural, materiales tecnológicos, etc, con la finalidad de que los parámetros de diseño se encuentren dentro de los límites máximos permitidos por la guía de diseño mecánico empírico de pavimentos MEPDG 2008.

Mediante el uso de modelos mecanicistas-empíricas se desarrollan diseños racionales y económicamente más efectivas, en comparación a la metodología AASHTO 93 ya que este método es más conservador debido a los resultados que presenta. (Ver tabla 62).

Segundo: Mediante la recopilación de datos climatológicos requeridas por EICM (ver sección 3.9.3 de Cap. III), datos proporcionados por la estación automática y convencional de Juliaca mediante reportes de SENAMHI sede Puno, se ha logrado implementar un modelo climático EICM para el distrito de Juliaca con parámetros climáticos requeridas por la metodología mecánica-empírica MEPDG.

Las estaciones de Juliaca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología cuentan con la suficiente base de datos de información meteorológica, hidrológica y climatológica, por lo tanto, se ha desarrollado el archivo climático “Juliaca-DZ.13.icm” (ver sección 3.9.3.2 de Cap. III) para implementar el modelo climático EICM y poder usarlo en el diseño del pavimento flexible aplicando metodología MEPDG.

El modelo EICM interviene durante todo el ciclo de diseño del pavimento, para determinar con mayor efectividad los modelos de predicción ya que la metodología mecánica-empírica MEPDG requiere parámetros climatológicos directamente de la zona en estudio.

El modelo EICM para interactuar con la metodología MEPDG emplea parámetros climatológicos como humedad relativa, salida y puesta del sol, nubosidad, radiación solar, nivel freático, temperatura, precipitación, dirección del viento (Se adjunta el archivo digital del anexo D. 2.1), para realizar un análisis del comportamiento del pavimento ante agentes externos e internos durante su periodo de diseño.

Para realizar un análisis con mayor eficiencia en la metodología MEPDG, depende del nivel de entrada de datos, por lo tanto, para realizar el diseño de la presente investigación se ha empleado datos al nivel 1 ya que se contaba con la información suficiente.

Tercero: Mediante la recopilación de datos de tráfico vehicular (datos de conteo y pesaje por tipo de vehículo, ver sección 3.9.2 de Cap. III), obtenidos de la estación de pesaje COVISUR ubicada en la carretera Juliaca – Puno, se ha logrado generar los espectros de carga para cada clase de vehículo, considerando en el análisis los camiones pesados que son desde la Clase 4 hasta la Clase 13 y demás parámetros necesarios. De la misma forma se logró con éxito la caracterización de tráfico para la avenida circunvalación este tramo ovalo pedro vilcapaza – av. las américas, siguiendo los requerimientos por la metodología mecanística-empírica MEPDG.

Al generar los espectros de carga se puede optimizar la caracterización del tráfico, dejando de lado lo que se usa convencionalmente los ejes equivalentes (ESAL's) para el diseño de pavimentos.

Para obtener resultados más confiables se requieren de datos de pesaje de la zona de estudio, por lo que en nuestro País no se cuentan con muchas estaciones de pesaje el cual dificulta generar los espectros de carga que realmente interactúan para el buen desempeño del pavimento, otra de las limitantes es que las estaciones que se cuentan tienen por objetivo fiscalizar y multar a los camiones con sobrepeso, mas no a la caracterización de tráfico con la finalidad de implementar en el diseño de pavimento, de la misma manera esta información es de difícil acceso.

Cuarto: Mediante los estudios de mecánica de suelos en laboratorio se ha determinado lo siguiente:

De las 06 calicatas realizadas a cielo abierto ubicadas en la zona de estudio, se determinó las características y propiedades básicas de dichos suelos, como son la granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, Proctor estándar y modificado, y la capacidad de soporte del suelo (CBR), en profundidades variables de no menor de 1.50 m, de las cuales en la mayoría de las calicatas presentan suelos arcillosos con mezcla de limos (CL), en el tramos inicial se encontraron materiales como suelos arenosos (SM - SP) – (ver Anexo E. 1.7).

De los materiales se determinó los CBR para cada una de ellas con la finalidad de optar para realizar el diseño del pavimento flexible, del cual se determinó un CBR de diseño = 7.91% (ver sección 3.8.1 de cap. III), por lo que se ha visto conveniente realizar un mejoramiento del suelo con la mezcla del material proveniente de la Cantera Taparachi manteniendo un CBR 95% = 37.50% , para esto se utilizó el punto de investigación con capacidad de soporte mínimo siendo este la (C-05 = 7.35%) y llegando a un resultado final para la subrasante con capacidad de soporte de un CBR al 95% = 13.54% el cual se empleó en el diseño del pavimento para ambas metodologías AASHTO 93 y MEPDG.

Con fines de diseño del pavimento se ha obtenido información del laboratorio “Alfa Group Contratistas y consultores S.R.L.” de los materiales que conforman las capas de base granular y la subbase granular, teniéndose como capacidad de soporte de dichos materiales el CBR al 100% de 65.82% y 103.6% respectivamente (Ver anexos E.2 y E.3), de tal manera que estos valores se emplearon en el diseño de pavimento para ambas metodologías AASHTO 93 y MEPDG.

Debido a la variedad de valores exigidos por la metodología mecanística empírica MEPDG se ha utilizado para todos los parámetros del paquete estructural al nivel 1 a excepción de la superficie de rodadura al nivel 3, ya que requiere de una mayor cantidad de ensayos como el diseño de mezcla por el método SUPERPAVE.

Quinto: De acuerdo a los datos obtenidos mediante las metodologías AASHTO 93 y MEPDG de los espesores finales se ha realizado una comparación económica para cada capa conformante del paquete estructural, llegándose a los siguientes valores presentados en la (sección 4.5 del Cap. IV). En donde se puede apreciar que el espesor total mediante el método AASHTO 93 es de 123cm y con la metodología MEPDG generada es de 112cm, para realizar un análisis de costos para cada capa se realizó en función a los espesores, según la Figura 67 se muestra para la carpeta asfáltica con el método AASHTO 93 = 13cm y con MEPDG = 12cm, para la base granular AASHTO 93 = 30cm y con MEPDG = 20cm, subbase granular AASHTO 93 = 20cm y con MEPDG = 20cm, de las cuales ha realizado para cada capa el presupuesto que representa, llegándose a la conclusión del presupuesto total para la metodología AASHTO 93 = S/. 1,072,818.60 y con la metodología MEPDG = S/. 971,390.40, de tal forma que existe una diferencia de un monto total de S/. 101,428.20 siendo este análisis para una distancia de 01+000 km.

El presupuesto de costo inicial y mantenimiento en función a los modelos de predicción obtenidas por el método mecanístico empírico MEPDG asciende a un total de S/. 1,108,749.53 y con el método AASHTO 93 asciende a S/.1,384,924.60, existiendo una diferencia de S/.276,175.07.

Mediante la comparación desarrollada en la sección 4.5.1 del cap. IV, se puede concluir que la alternativa más económica es aquella diseñada por el método MEPDG generado con datos de entrada al nivel 1, por presentar un menor costo durante todo su periodo de vida. Además, se puede ver en la Figura 69, que el presupuesto para 20 años diseñada por la metodología MEPDG generada y por defecto es aún menor que el pavimento diseñado para 15 años con el método AASHTO 93.

Por lo tanto, se ha comprobado que mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para el diseño de pavimentos se puede optimizar los presupuestos de construcción y mantenimiento en comparación al método AASHTO 93, de tal manera que este método es más económico y racional ya que se le aplica variables directamente de la zona y requiere de mayores factores que intervendrán a la vía una vez puesta en servicio.

Sexto: En función a la comparación realizada en la (sección 3.9.5.2 del Cap. III) entre ambas metodologías AASHTO 93 y MEPDG se ha determinado que el método AASHTO 93 tiene una entrada de datos muy limitada basándose solo en los datos que estén dentro de las ecuaciones empleadas para el diseño, y el método MEPDG presenta una mayor ventaja ya que aplica variables que se adecuan a la necesidad de la actualidad que afectan a los pavimentos.

Finalmente, con relación a los métodos presentados AASHTO 93 y MEPDG 2008 se puede determinar que este último método es más completo para realizar un análisis y diseño de pavimentos, en vista de que puede analizar los daños ocasionados por la aplicación de cargas variables de cada clase de vehículo de una manera individual, como son la falla por fatiga, ahuellamiento, fisuras longitudinales. De la misma forma el MEPDG requiere una base de datos de factores climatológicos, generar base de datos de espectros de carga con diferentes configuraciones para cada vía, también requiere emplear una base de datos de módulos de resiliencia.

Debido a la realidad que presentan los tráficos y diversidad de climas del Perú, emplear la metodología AASHTO 93 para el diseño de pavimentos no garantiza un buen

desempeño de la vía durante su ciclo de vida, a causa de que este método no considera factores importantes que influirán a la vía una vez construida.

Por otro lado, se ha demostrado que para obtener resultados confiables se debe realizar el diseño con datos obtenidos del lugar de investigación (Nivel 1) debido a que al insertar datos de entrada al Nivel 3 (por defecto), presenta resultados fuera de los límites máximos permitidos por la guía de diseño de pavimento mecánico empírico MEPDG.

Por lo que con esta investigación se pretende crear una base para la aplicación de métodos no convencionales que en el Perú aun no son empleadas, tendiendo muy en cuenta la disponibilidad de información necesaria, ya que son los factores importantes para realizar con éxito el diseño de una vía.

De la misma manera la implementación de la nueva metodología mecánica empírica MEPDG a la normatividad peruana, sería un gran avance para el desarrollo del país, ya que se invierte cantidades inmensas en mantenimientos y construcciones de nuevas redes viales, y sería de gran ayuda emplear en el diseño de pavimentos este método, por el hecho que se cuenta con las predicciones del comportamiento que presentaría una vía al aplicarse una serie de variables.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones para generar los modelos climáticos mejorados integrados (EICM) para diferentes estaciones meteorológicas con al menos dos años de antigüedad sobre los parámetros requeridos (Radiación solar, Nivel freático, Dirección del viento, Salida y puesta del sol, Temperatura y Humedad relativa, Nubosidad) ya que podrían facilitar considerablemente con la implantación de la guía MEPDG-AASHTO 2008 en nuestro país para los diseños de pavimentos.

Se recomienda realizar investigaciones donde generen una base de datos de espectros de carga, configuración grafica de ejes de camiones pesados, establecimiento de parámetros máximos y mínimos de peso de cada camión, velocidad de operación, distancia entre ejes y volumen de tráfico con fines de diseño para diferentes estaciones de pesaje con la finalidad de facilitar la entrada de datos de tráfico en la metodología MEPDG.

Se recomienda que las entidades como universidades, gobiernos regionales o locales tomen mayor interés en cuanto a los métodos empleados para el diseño de pavimentos ya

que podrían reducir en gran manera los presupuestos de las construcciones o mantenimientos de redes viales, del mismo modo implementar en sus laboratorios los equipos necesarios para obtener datos de entrada óptimos.

Se recomienda realizar investigaciones directamente relacionados con esta nueva metodología sobre parámetros que intervienen en el material del cual tenemos conductividad térmica (Asfalto, base y subbase), coeficiente de expansión térmica para el material conformante del asfalto, capacidad calorífica (Asfalto, base y subbase), coeficiente de presión lateral (subrasante), módulo resiliente (Asfalto, base, subbase y subrasante) con el fin de que se pueda implementar la nueva guía de diseño de pavimento en nuestro país.

Según los ensayos realizados para el tramo en estudio no cuenta con un valor factible de capacidad de soporte (CBR) para diseñar un pavimento por lo cual se recomienda que se pueda realizar investigaciones relacionados con estabilización de suelos con CBR menor a 8%, ya que esta nueva metodología exige un buen material para su buen desempeño del pavimento así mismo esto puede ser de gran ayuda para implementar la nueva metodología de diseño de pavimento.

Se recomienda emplear datos de entrada al Nivel 1, con la finalidad de obtener resultados más confiables, ya que este Nivel requiere en el diseño preliminar una serie de variables que afectan directamente al pavimento durante todo su ciclo de vida una vez puesta en servicio.

En base a la comparación realizada, se recomienda emplear el método mecanístico empírico MEPDG para la realización de diseño de pavimentos tanto rígidos, semirrígidos y flexibles, ya que con esta metodología se puede realizar para los diferentes tipos de pavimentos y del mismo modo para construcciones nuevas y rehabilitaciones, siendo este método más confiable por el hecho de que nos muestra con un diseño preliminar como vendría siendo el desempeño de la vía estudiada. De tal manera ese método resulta más económico indicándonos las maneras de actuar frente a los resultados de modelos de predicción obtenidos.

En ese entender la metodología MEPDG da lugar a un nuevo pensamiento y horizonte a seguir para mejorar la red vial de todo el país, para ello se recomienda una mayor emisión a las entidades de la red vial sobre esta nueva metodología MEPDG, para tener nuestras carreteras en un buen estado además poder evitar gastos excesivos en la construcción así mismo mantenimiento por lo que esto ayudará el desarrollo integro de nuestro país.

REFERENCIAS

- AASHTO, A. A. (2008). Mechanistic - Empirical pavement design guide - A manual of practice (interim edition). American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- AASHTO, A. A. (1993). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Arias Choque, T. W., & Sarmiento Soto, J. A. (2015). Análisis Y Diseño Vial De La Avenida Mártir Olaya Ubicada En El Distrito De Lurín Del Departamento De Lima.
- Batista Alcántara, A. R. (2014). Chequeo De Estructuras De Pavimento Flexible A Través Del Software (MEPDG). Cenida.Una.Edu.Ni. Retrieved from <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh60s164e.pdf>
- Calla, E. (2015). Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, Conde de lemus, Arica y Puno de la municipalidad Distrital de Caminaca - Azángaro. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Chang Albitres, C. M., Vidal Valencia, J., Loria Salazar, L. G., Bustos, M., & Delgadillo, R. (2013). Aplicabilidad Del Método De Mecanístico- Empírico De Diseño De Pavimentos (Mepdg) En Latinoamérica. Investigación.
- Chang Albitres, C. M. (2012). Aplicación para Pavimentos en Altura del Método Mecanístico- Empírico (MEPDG) AASHTO 2008. Lima, Perú.
- Coronado Iturbide, J. (2002). Manual Centroamericano Para Diseño De Pavimentos. Agencia de Los Estados Unidos Para El Desarrollo Internacional, I, 289. Retrieved from <http://www.camineros.com/docs/cam060.pdf>
- Daniel, J. S., Jacobs, J., Douglas, E., Mallick, R., & Hayhoe, K. (2014). Impact of Climate Change on Pavement Performance: Preliminary Lessons. Impact of Climate Change on Pavement Performance: Preliminary Lessons.
- Fontalba Gallardo, E. W. (2015). Diseño De Un Pavimento Alternativo Para La Avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1° Etapa. Tesis.
- García Vargas, A. B., Gutiérrez Romero, F. A., & Hernández Soriano, J. D. (2014). Análisis Comparativo Para Diseño De Pavimentos Flexibles Mediante Las Alternativas: Imt-Pave Y Cr-Me Del Método Mecanicista Empírico, Con El Método Aashto 93. Tesis, 238.

- Garcia, A., Gutiérrez, F., & Josue, H. (2014). Analisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: imt-pave y cr-me del metodo mecanicista empirico, con el metodo AASHTO 93. Tesis para Licenciatura. Universidad de el Salvador, Ciudad Universitaria.
- Herrera, M. (2014). Determinación del módulo resiliente de diseño de pavimentos mediante criterios ASSHTO 1993 y 2002. Tesis de maestria en ingenieria civil con mención en ingenieria vial. Universidad de Piura, Lima, Peru.
- Humpiri, K. P. (2015). "Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno". Juliaca.
- Injante, H. (2012). Resistencia in situ de subrasante utilizando penetrómetro dinámico de cono en la ciudad de Ica. Tesis de Maestria. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Ji, R., Siddiki, N., Nantung, T., & Kim, D. (2014). Evaluación del Módulo Resiliente de Subrasante y Materiales de Base en Indiana y su Implementación en MEPDG. Evaluación del Módulo Resiliente de Subrasante y Materiales de Base en Indiana y su Implementación en MEPDG.
- Leiva, V. F. (2002). Nueva Guía De Diseño Mecánica-Empírica Para Estructuras De Pavimento (Vistazo A La Guía 2002, Proyecto NCHRP I 37A).
- Martínez, M., & Pérez, I. (s.f.). Mechanistic-Empirical pavement design guide: features and distinctive elements. Artículo de revisión. Universidad de la Coruña , Coruña, España.
- Matiz, N. (2015). Aplicación de la guia de diseño mecánico-empírico de pavimentos diseñada por la AASHTO, una opción de crecimiento para colombia. Universidad Militar Nueva Granada, 16.
- Maximiliano, E. J. (2016). Implementación Del Modelo Climático Eicm Con Fines De Diseño Para Pavimento De Concreto Asfáltico Aplicando La Metodología Mepdg . Lima - Perú.
- Minaya, S., & Ordoñez, A. (2006). Diseño moderno de pavimentos asfálticos. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.

- MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (s.f.). CBR de suelos (Laboratorio) - MTC E 132. Lima, Perú.
- MTC Ministerio de Transportes y Comunicaciones - PERU. (2014). Manual De Inventarios Viales.
- Moulthrop, J., & Von Quintus, H. (Agosto de 2007). Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide Flexible Pavement Performance Prediction Models for Montana. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide Flexible Pavement Performance Prediction Models for Montana, págs. 1 - 4.
- NORMA CE.010, N. (2010). Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Pérez Jiménez, F. E. (2016). Ensayos De Mezclas Bituminosas. Criterios De Diseño. Nuevas Propuestas. Pavimentos, 20.
- Rengifo, K. (2014). Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rodriguez, M. (2014). Determinación de la confiabilidad implícita en el método de diseño estructural de pavimentos flexibles AASHTO-93 en base a modelos de predicción del deterioro. Tesis de Doctorado en ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Saldaña, D. (2013). Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles: método AASHTO 93 y ME-PDG v 1.1. Tesis para Maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2001). Módulo de Resiliencia en suelos finos y materiales granulares. Publicación Técnica N° 142. Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila.
- SENAMHI (2018) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – Estación automática y convencional de Juliaca.
- Tafur, N. (2014). Cálculo de un coeficiente de calibración para el modelo de predicción del IRI usando el MEPDG V 1.1. Tesis de master en ingeniería civil con mención en ingeniería vial. Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Tuni, R. (2007). Diseño estructural de pavimentos flexibles. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Vivanco, E. R. (2016). Caracterización Del Tránsito De Vehículos Pesados Aplicando La Metodología Mepdg - Aashto 2008, Aplicación En Pavimento De Concreto Hidráulico - Lima. Lima - Perú.

ANEXOS

ANEXO A. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Realizando el respectivo conteo vehicular para ambas metodologías.



Fotografía 2. Ubicación de punto 1 de aforo vehicular.



Fotografía 3. Aforamiento vehicular sentido NORTE en la Avenida Circunvalación Este.



Fotografía 4. Aforo vehicular sentido SUR.



Fotografía 5. Vista del flujo vehicular sentido SUR.



Fotografía 6. Realizando las mediciones respectivas del espaciado de doble llanta.



Fotografía 7. Verificación de mediadas para la configuración de ejes.



Fotografía 8. Medición del espaciamiento entre ejes de un sistema tridem.



Fotografía 9. Medición del espaciamiento entre ejes de un sistema tándem.

ANEXO B. PLANOS

B. 1. Plano de Ubicación

B. 2. Plano de Calicatas y Punto de aforo



PUNO
MAPA DEPARTAMENTAL



SAN ROMÁN
MAPA PROVINCIAL

PLANO DE LOCALIZACIÓN

Coordenadas Geográficas	
UTM	18Q
EAST	570500.00 m
NORTH	6300000.00 m
LATITUD	15.84000
LONGITUD	71.12000

ZONA DE ESTUDIO

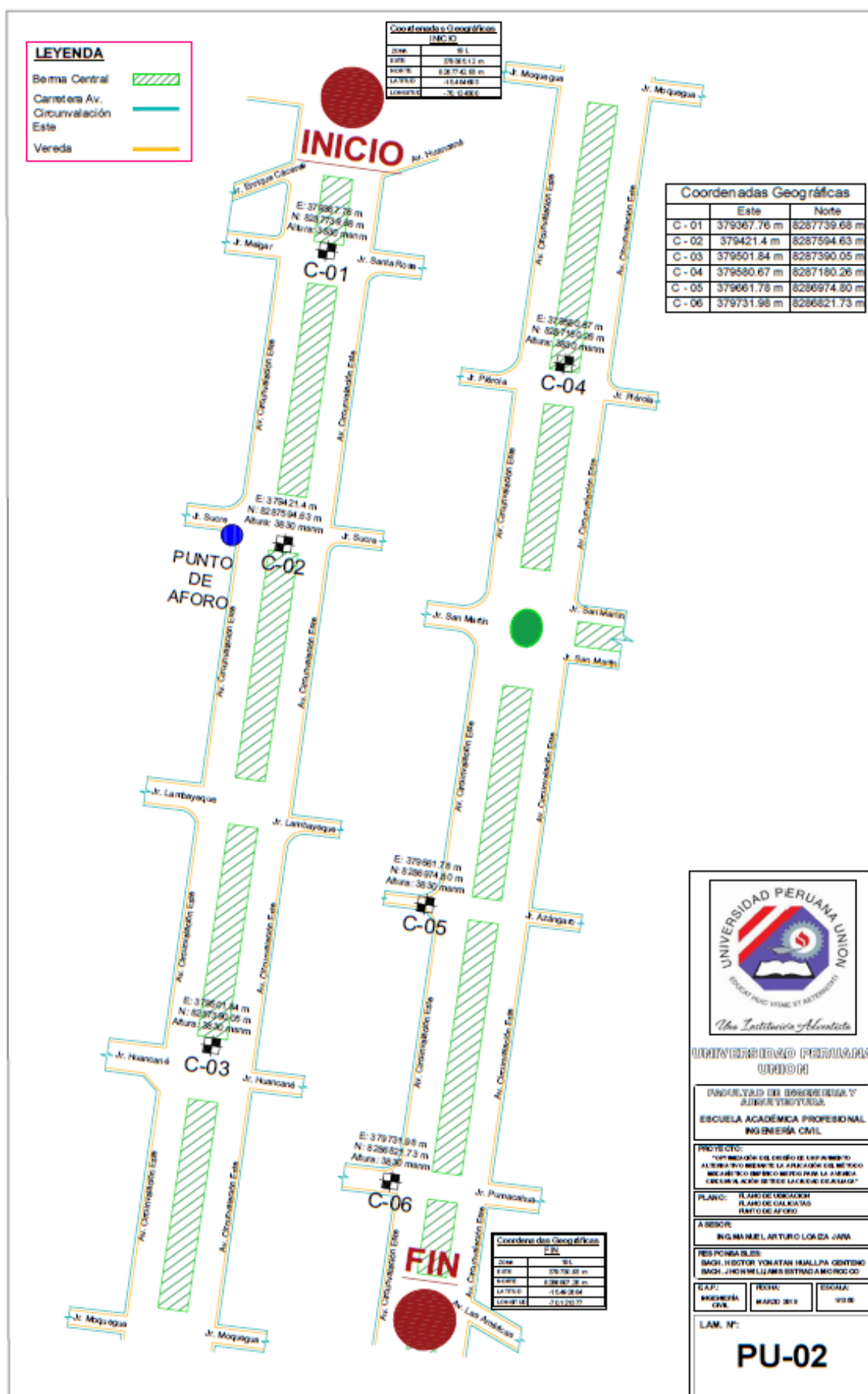


Coordenadas Geográficas	
UTM	18Q
EAST	570500.00 m
NORTH	6300000.00 m
LATITUD	15.84000
LONGITUD	71.12000



JULIACA
MAPA DISTRITAL

 UNIVERSIDAD PERUANA UNION FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL - INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PASEO ALTERNATIVO BASADO EN LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANISMO DE BARRAS PARA LA ADECUADA CONSERVACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA		E.A.P.: INGENIERIA CIVIL	LAM. N°: PU-01
PLANO: PLANO DE UBICACION		FECHA: MARZO 2019	
ASESOR: ING. MANUEL ARTURO LOAYZA JARA		BRUJULA: 1/1250	
RESPONSABLES: BACH. HECTOR YONATAN HUALLPA CENTENO BACH. JESSICA MARIA ESTRADA BARRON			



ANEXO C. METODO AASHTO 1993

C. 1. Datos de tráfico





















C. 1.1. Fichas de conteo vehicular.



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : LUNES 17 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
		MOTO	TRICICLO		PICKUP	RURAL Comb		B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3			
DIAGRA. VEH																							
7-8	S	120	1	35	25	75	2	1	1	20	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	289	6.08%	
	N	105	4	35	35	65	1	3	4	21	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	279	5.75%	
8-9	S	132	0	32	34	85	4	4	3	21	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	324	8.81%	
	N	212	0	38	32	67	2	2	4	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	7.83%	
9-10	S	202	1	42	35	69	2	1	5	17	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	383	8.05%	
	N	285	3	45	32	68	3	4	1	18	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	465	9.58%	
10-11	S	150	0	42	35	78	4	3	3	15	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	336	7.07%	
	N	104	0	36	34	75	1	1	4	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279	5.75%	
11-12	S	224	3	65	50	82	5	8	3	26	8	3	5	0	5	2	0	0	0	0	469	10.28%	
	N	316	2	72	60	75	6	5	4	19	9	3	2	1	5	2	0	0	0	0	581	11.97%	
12-13	S	295	5	75	50	72	4	7	3	18	8	2	0	0	9	0	0	0	0	0	548	11.52%	
	N	248	5	61	55	73	3	4	3	16	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	478	9.85%	
13-14	S	260	2	71	42	75	5	4	3	18	7	1	0	0	2	1	0	0	0	0	491	10.33%	
	N	258	2	71	83	72	4	5	4	17	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	523	10.78%	
14-15	S	102	4	72	72	75	5	7	2	15	8	2	0	4	0	0	0	0	0	0	368	7.74%	
	N	105	3	82	52	72	4	1	5	18	8	0	0	0	5	0	0	0	0	0	355	7.32%	
15-16	S	150	2	65	55	65	1	6	4	17	7	0	0	0	0	3	0	0	0	0	375	7.89%	
	N	146	4	63	65	82	4	4	5	17	5	0	0	0	15	0	0	0	0	0	410	8.45%	
16-17	S	172	1	75	66	82	5	5	5	15	9	1	1	0	12	0	0	0	0	0	449	9.44%	
	N	152	1	71	64	85	3	3	4	19	8	2	4	0	7	0	0	0	0	0	423	8.72%	
17-18	S	152	2	82	45	74	2	2	6	17	11	2	4	0	1	0	0	0	0	0	400	8.41%	
	N	150	1	75	32	63	1	1	7	18	9	0	0	0	5	0	0	0	0	0	382	7.46%	
18-19	S	120	2	72	15	55	2	2	5	21	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	303	6.37%	
	N	125	1	77	35	45	1	4	4	18	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	6.53%	
PARCIAL	S	2,079	23	728	524	887	41	50	43	220	92	15	10	4	33	6	0	0	0	0	4,755	100.00%	
	N	2,206	26	726	579	842	33	37	49	221	76	7	6	1	41	2	0	0	0	0	4,852	100.00%	
TOTAL AMBOS SENT.		4,285	49	1,454	1,103	1,729	74	87	92	441	168	22	16	5	74	8	0	0	0	0	9,607		
		44.80%	0.51%	15.13%	11.48%	18.00%	0.77%	0.91%	0.96%	4.59%	1.75%	0.23%	0.17%	0.05%	0.77%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : MARTES 18 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO		PICKUP	RURAL Camio		B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	89	0	33	9	79	4	2	1	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231	5.02%
	N	108	4	33	28	62	3	1	5	8	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	261	5.30%
8-9	S	135	0	40	32	79	2	4	1	10	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	310	6.74%
	N	207	8	43	24	66	3	2	4	14	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	379	7.70%
9-10	S	203	3	40	33	65	3	2	5	13	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	376	8.17%
	N	289	2	54	28	64	5	1	5	14	6	3	0	0	0	1	0	0	0	0	472	9.59%
10-11	S	135	0	41	38	79	2	4	3	16	9	1	0	1	0	2	0	0	0	0	331	7.19%
	N	107	1	35	31	79	1	3	3	17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	5.69%
11-12	S	181	6	74	36	97	3	4	5	14	2	1	4	3	2	1	0	0	0	0	433	9.41%
	N	314	7	84	55	83	1	5	4	19	6	1	3	5	1	5	0	0	0	0	593	12.05%
12-13	S	288	9	73	53	70	3	4	5	16	9	4	0	6	3	0	0	0	0	0	543	11.80%
	N	250	6	64	38	92	4	2	5	17	10	1	0	2	0	1	0	0	0	0	492	9.99%
13-14	S	261	4	74	37	84	5	2	2	16	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	491	10.67%
	N	262	1	85	67	91	3	0	4	14	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	537	10.91%
14-15	S	106	3	75	85	63	3	2	8	14	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	367	7.97%
	N	109	2	85	61	65	3	2	2	16	10	0	0	3	3	2	0	0	0	0	363	7.37%
15-16	S	151	4	68	48	75	2	2	7	14	5	2	0	0	0	1	0	0	0	0	379	8.24%
	N	147	6	86	56	94	3	3	5	18	8	1	0	3	7	0	0	0	0	0	437	8.88%
16-17	S	173	3	78	61	89	4	1	5	13	3	1	1	4	5	0	0	0	0	0	441	9.58%
	N	154	2	74	54	86	5	2	6	14	9	2	4	5	2	1	0	0	0	0	420	8.53%
17-18	S	155	2	85	49	71	4	2	3	15	7	0	0	7	1	0	0	0	0	0	401	8.71%
	N	153	1	78	31	68	0	4	8	14	9	0	0	5	0	0	0	0	0	0	371	7.54%
18-19	S	124	1	75	18	54	2	1	5	14	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	299	6.50%
	N	126	2	80	29	52	1	3	3	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	6.46%
PARCIAL	S	2,001	35	756	499	905	37	30	50	165	59	19	12	20	10	4	0	0	0	0	4,602	100.00%
	N	2,226	42	801	502	902	32	28	54	179	92	8	7	26	14	10	0	0	0	0	4,923	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,227	77	1,557	1,001	1,807	69	58	104	344	151	27	19	46	24	14	0	0	0	0	9,525	
		44.38%	0.81%	16.35%	10.51%	18.97%	0.72%	0.61%	1.09%	3.61%	1.59%	0.28%	0.20%	0.48%	0.25%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : MIÉRCOLES 19 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO	PICKUP	RURAL Combi			B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	114	5	33	18	83	0	1	1	19	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	283	6.09%
	N	103	3	32	33	69	1	0	3	19	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	272	5.69%
8-9	S	126	4	30	27	89	2	1	5	18	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	307	6.61%
	N	209	2	37	23	79	0	1	3	15	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	380	7.95%
9-10	S	198	1	38	37	69	1	0	3	15	4	1	0	1	1	0	0	0	0	0	369	7.94%
	N	284	2	43	33	66	2	1	2	17	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	455	9.52%
10-11	S	145	1	38	39	73	2	1	2	14	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	321	6.91%
	N	102	1	35	42	63	2	1	1	18	6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	275	5.75%
11-12	S	221	4	63	31	103	4	5	4	24	6	2	0	3	2	1	0	0	0	0	473	10.18%
	N	309	6	69	57	79	3	4	6	18	8	3	4	4	1	0	0	0	0	0	571	11.96%
12-13	S	296	3	74	61	64	2	6	5	15	5	2	5	6	2	0	0	0	0	0	546	11.75%
	N	246	4	69	27	102	1	3	5	15	7	1	0	3	0	3	0	0	0	0	476	9.96%
13-14	S	256	2	67	41	80	3	2	3	14	11	2	0	2	1	0	0	0	0	0	484	10.42%
	N	254	4	68	55	102	5	3	2	15	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	514	10.75%
14-15	S	99	6	71	76	68	2	1	5	12	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	348	7.49%
	N	103	3	80	77	52	7	5	2	13	3	1	0	5	0	1	0	0	0	0	352	7.36%
15-16	S	144	5	62	53	65	1	4	4	15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	7.79%
	N	140	7	67	41	107	3	2	3	16	4	2	0	7	5	0	0	0	0	0	404	8.45%
16-17	S	168	3	73	67	63	7	2	9	13	7	5	0	5	9	0	0	0	0	0	451	9.71%
	N	148	4	70	51	94	3	2	3	15	12	3	3	2	2	2	0	0	0	0	414	8.66%
17-18	S	150	3	81	35	86	1	4	3	15	9	0	6	1	0	0	0	0	0	0	394	8.48%
	N	143	4	71	38	58	1	1	7	17	10	0	2	2	1	0	0	0	0	0	355	7.43%
18-19	S	116	4	70	26	43	6	5	4	20	9	2	0	3	0	1	0	0	0	0	309	6.65%
	N	123	2	76	33	52	3	1	7	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	6.53%
PARCIAL	S	2,033	41	700	531	886	31	32	48	194	80	18	11	25	15	2	0	0	0	0	4,647	100.00%
	N	2,164	42	707	510	923	31	24	44	191	74	19	9	25	9	8	0	0	0	0	4,780	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,197	83	1,407	1,041	1,809	62	56	92	385	154	37	20	50	24	10	0	0	0	0	9,427	
		44.52%	0.88%	14.93%	11.04%	19.19%	0.66%	0.59%	0.98%	4.08%	1.63%	0.39%	0.21%	0.53%	0.25%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : JUEVES 20 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO	PICKUP	RURAL Combi			B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	114	3	35	17	71	2	1	1	23	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	275	5.93%
	N	104	1	33	24	77	3	2	5	20	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	277	5.79%
8-9	S	126	1	33	18	95	4	4	3	15	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	308	6.64%
	N	191	5	52	43	45	1	2	4	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	7.69%
9-10	S	189	2	46	23	75	5	2	2	14	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	366	7.89%
	N	277	6	46	19	77	4	3	2	20	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	461	9.63%
10-11	S	143	1	40	32	100	1	3	4	16	6	2	0	2	0	0	0	0	0	0	350	7.54%
	N	97	2	39	27	67	1	0	3	12	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	253	5.28%
11-12	S	221	3	64	44	89	3	2	1	25	9	2	0	1	3	0	0	0	0	0	467	10.06%
	N	302	4	69	58	69	3	5	5	21	7	3	6	3	3	0	0	0	0	0	558	11.65%
12-13	S	291	3	72	41	79	5	4	2	10	9	2	3	4	2	0	0	0	0	0	527	11.36%
	N	247	1	60	45	104	3	4	4	16	8	0	0	1	4	0	0	0	0	0	497	10.38%
13-14	S	252	3	70	33	85	4	5	5	17	6	0	0	3	1	0	0	0	0	0	484	10.43%
	N	256	1	69	95	61	4	4	3	14	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	515	10.76%
14-15	S	97	3	76	34	105	7	5	2	17	10	0	0	3	0	0	0	0	0	0	359	7.74%
	N	96	5	85	39	85	5	1	2	18	4	0	0	4	0	1	0	0	0	0	345	7.21%
15-16	S	138	6	67	48	65	2	1	1	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	7.48%
	N	137	2	68	64	76	5	3	6	18	4	1	0	5	4	0	0	0	0	0	393	8.21%
16-17	S	166	2	76	87	60	5	2	6	16	7	2	0	4	5	0	0	0	0	0	438	9.44%
	N	137	4	81	32	102	3	2	1	18	11	3	2	1	4	2	0	0	0	0	403	8.42%
17-18	S	150	1	83	19	100	1	2	6	13	10	0	4	2	0	0	0	0	0	0	391	8.43%
	N	142	2	74	29	80	3	2	1	20	7	0	3	5	1	0	0	0	0	0	369	7.71%
18-19	S	110	1	79	41	48	3	2	3	23	8	1	0	6	2	1	0	0	0	0	328	7.07%
	N	117	5	79	17	106	4	4	2	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349	7.29%
PARCIAL	S	1,997	29	741	437	972	42	33	36	199	94	13	7	26	13	1	0	0	0	0	4,640	100.00%
	N	2,103	38	755	492	949	39	32	38	207	68	13	11	21	16	6	0	0	0	0	4,788	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,100	67	1,496	929	1,921	81	65	74	406	162	26	18	47	29	7	0	0	0	0	9,428	
		43.49%	0.71%	15.57%	9.55%	20.38%	0.86%	0.69%	0.78%	4.31%	1.72%	0.28%	0.19%	0.50%	0.31%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : VIERNES 21 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO	PICKUP	RURAL Combi			B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	82	1	32	37	57	1	1	2	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	5.01%
	N	103	5	29	19	74	3	1	5	10	10	0	2	1	0	0	0	0	0	0	262	5.33%
8-9	S	126	2	47	43	67	2	3	5	13	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	315	6.96%
	N	209	4	41	35	62	2	2	3	16	8	0	0	3	2	0	0	0	0	0	387	7.88%
9-10	S	199	6	41	37	61	4	3	2	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	374	8.26%
	N	282	3	46	41	73	3	2	4	20	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	481	9.79%
10-11	S	131	2	43	32	93	2	3	4	13	11	2	1	2	0	2	0	0	0	0	341	7.53%
	N	98	2	28	27	75	3	2	2	24	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	5.37%
11-12	S	175	6	80	46	92	7	5	5	20	8	2	3	3	0	2	0	0	0	0	454	10.03%
	N	310	7	80	54	72	4	3	2	23	2	1	1	5	2	3	0	0	0	0	569	11.58%
12-13	S	188	4	78	50	80	5	4	4	24	1	2	0	2	2	1	0	0	0	0	445	9.83%
	N	252	3	63	35	80	3	2	7	18	14	1	3	4	1	1	0	0	0	0	487	9.91%
13-14	S	258	4	77	29	96	1	5	2	19	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	500	11.04%
	N	257	4	83	45	119	4	2	3	21	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	542	11.03%
14-15	S	97	6	81	72	81	5	7	3	16	6	4	0	2	0	0	0	0	0	0	380	8.39%
	N	100	8	88	57	70	4	1	1	19	13	0	0	1	3	3	0	0	0	0	368	7.49%
15-16	S	150	3	66	60	51	1	2	6	21	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	364	8.04%
	N	145	4	82	59	92	2	3	5	18	12	4	0	1	7	0	0	0	0	0	434	8.83%
16-17	S	166	5	73	53	90	2	2	5	18	3	4	1	4	3	0	0	0	0	0	429	9.48%
	N	152	3	73	57	93	3	3	3	15	10	2	4	4	2	1	0	0	0	0	425	8.65%
17-18	S	153	2	83	52	65	4	2	3	17	5	0	4	2	0	2	0	0	0	0	394	8.70%
	N	144	5	73	23	77	5	3	4	15	14	2	0	3	1	0	0	0	0	0	369	7.51%
18-19	S	120	3	73	42	19	2	2	6	19	9	3	2	4	0	0	0	0	0	0	304	6.72%
	N	122	4	77	33	50	1	4	6	17	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	325	6.62%
PARCIAL	S	1,845	44	774	553	852	36	39	47	212	58	23	11	20	5	8	0	0	0	0	4,527	100.00%
	N	2,174	52	765	485	937	37	28	45	216	100	12	11	26	18	7	0	0	0	0	4,913	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,019	96	1,539	1,038	1,789	73	67	92	428	158	35	22	46	23	15	0	0	0	0	9,440	100.00%
		42.57%	1.02%	16.30%	11.00%	18.95%	0.77%	0.71%	0.97%	4.53%	1.67%	0.37%	0.23%	0.49%	0.24%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		100.00%



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : SÁBADO 22 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO	PICKUP	RURAL Combi			B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	96	4	35	41	56	3	1	2	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	5.35%
	N	109	2	31	28	67	4	1	3	12	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	268	5.39%
8-9	S	128	3	48	35	76	7	2	4	14	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	324	6.98%
	N	216	1	39	37	58	2	3	1	14	6	0	0	3	2	0	0	0	0	0	382	7.68%
9-10	S	209	2	41	24	74	5	0	2	19	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	380	8.19%
	N	288	1	48	29	85	3	2	2	20	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	483	9.71%
10-11	S	134	4	45	42	85	4	1	4	15	9	2	2	2	0	1	0	0	0	0	350	7.54%
	N	101	3	29	37	66	0	3	3	25	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	270	5.43%
11-12	S	182	2	81	75	64	6	7	5	21	7	2	2	3	0	2	0	0	0	0	439	9.89%
	N	318	4	83	62	67	6	5	1	26	3	1	1	5	2	2	0	0	0	0	586	11.78%
12-13	S	190	5	79	81	50	7	4	1	25	0	3	0	2	2	2	0	0	0	0	451	9.72%
	N	258	5	61	52	61	2	1	6	16	12	1	2	4	1	1	0	0	0	0	483	9.71%
13-14	S	265	2	78	65	61	6	1	3	20	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	509	10.97%
	N	260	3	85	59	107	6	3	2	23	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	550	11.05%
14-15	S	107	5	82	32	122	3	3	4	17	7	2	0	2	0	0	0	0	0	0	386	8.32%
	N	109	2	85	27	97	4	1	2	16	13	0	2	3	3	0	0	0	0	0	364	7.32%
15-16	S	157	3	67	26	86	3	4	5	22	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	378	8.15%
	N	148	3	84	38	115	3	2	5	20	14	3	0	1	7	0	0	0	0	0	443	8.90%
16-17	S	179	1	72	41	101	6	4	8	17	2	3	1	4	3	0	0	0	0	0	442	9.53%
	N	154	3	75	44	108	7	3	3	17	12	2	3	4	2	3	0	0	0	0	440	8.84%
17-18	S	154	4	84	32	86	3	2	1	18	6	0	3	1	0	1	0	0	0	0	395	8.51%
	N	149	5	72	45	54	3	3	6	14	13	2	0	2	1	0	0	0	0	0	369	7.42%
18-19	S	119	6	75	32	31	4	3	7	21	11	1	3	4	0	0	0	0	0	0	317	6.83%
	N	127	2	80	41	45	2	3	4	20	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	338	6.79%
PARCIAL	S	1,910	41	787	526	892	57	32	46	225	59	22	11	19	5	7	0	0	0	0	4,639	100.00%
	N	2,237	34	772	499	930	42	30	38	223	98	10	10	25	18	10	0	0	0	0	4,976	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,147	75	1,559	1,025	1,822	99	62	84	448	157	32	21	44	23	17	0	0	0	0	9,615	100.00%
		43.13%	0.78%	16.21%	10.66%	18.95%	1.03%	0.64%	0.87%	4.66%	1.63%	0.33%	0.22%	0.46%	0.24%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		100.00%



ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : DOMINGO 23 - DIC - 2018

HORA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH		MOTO	TRICICLO		PICKUP	RURAL Combi		B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
7-8	S	78	8	29	25	72	1	3	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	5.08%
	N	101	5	27	38	57	4	2	3	8	10	0	2	2	0	0	0	0	0	0	259	5.33%
8-9	S	127	2	46	43	68	5	4	3	12	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	316	7.04%
	N	215	3	36	41	61	3	3	1	11	10	1	0	1	2	0	0	0	0	0	388	7.99%
9-10	S	205	4	37	35	67	5	3	5	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	377	8.39%
	N	282	5	46	34	82	4	1	2	18	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	480	9.88%
10-11	S	128	6	42	29	97	5	3	5	12	9	3	1	1	0	1	0	0	0	0	342	7.62%
	N	100	2	26	54	50	2	2	3	22	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266	5.47%
11-12	S	175	3	77	33	102	4	2	4	17	8	1	3	3	0	1	0	0	0	0	433	9.64%
	N	311	4	78	51	77	1	1	5	21	2	2	1	6	1	2	0	0	0	0	563	11.59%
12-13	S	195	1	74	76	58	2	4	2	20	1	2	0	2	1	1	0	0	0	0	439	9.78%
	N	255	3	60	59	53	1	1	4	15	10	1	2	3	2	1	0	0	0	0	470	9.67%
13-14	S	263	4	72	81	49	4	1	4	14	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	502	11.18%
	N	257	1	80	76	91	4	4	2	18	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	538	11.07%
14-15	S	100	5	79	44	107	6	1	1	14	7	3	0	2	0	0	0	0	0	0	369	8.22%
	N	103	6	87	35	93	2	5	3	18	12	0	0	4	1	0	0	0	0	0	369	7.59%
15-16	S	157	3	59	29	89	7	1	7	14	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	370	8.24%
	N	141	4	78	28	119	8	5	6	14	11	2	0	5	6	0	0	0	0	0	427	8.79%
16-17	S	171	3	70	43	103	3	4	4	15	3	5	0	4	3	0	0	0	0	0	431	9.60%
	N	151	5	72	37	114	4	4	3	14	12	2	3	3	1	1	0	0	0	0	426	8.77%
17-18	S	151	2	81	37	78	5	4	3	15	7	0	3	2	0	3	0	0	0	0	391	8.71%
	N	153	1	68	41	64	1	0	3	10	10	2	0	2	1	0	0	0	0	0	356	7.33%
18-19	S	121	4	71	35	24	2	2	1	17	9	2	2	3	0	0	0	0	0	0	293	6.52%
	N	125	4	74	40	40	1	4	3	14	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	6.52%
PARCIAL	S	1,871	45	732	510	914	49	32	39	175	63	19	9	18	4	6	0	0	0	0	4,491	100.00%
	N	2,194	43	732	534	901	35	32	38	183	99	11	8	29	14	6	0	0	0	0	4,859	100.00%
TOTAL AMBOS SENT.		4,065	88	1,469	1,044	1,815	84	64	77	358	162	30	17	47	18	12	0	0	0	0	9,350	
		43.48%	0.94%	15.71%	11.17%	19.41%	0.90%	0.68%	0.82%	3.83%	1.73%	0.32%	0.18%	0.50%	0.19%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	



ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR



TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.
TRAMO : Óvalo Pedro Vilcapaza - Av. Las Américas (00+000 - 01+000 km)
DISTRITO : Juliaca
FECHA : DOMINGO 23 - DIC - 2018

DIA	SENTIDO	VEHICULO MENOR		AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL POR SENTIDO	
DIAGRAMA VEHICULO		MOTO	TRICICLO		PICKUP	RURAL Combi		B2	B3	C2	C3	C4	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/T3S2	>T3S3	C2-R2	C2-R3	C3-R2	C3-R3		
LUNES	S	2,079	23	728	524	887	41	50	43	220	92	15	10	4	33	6	-	-	-	-	4,755	14.72%
	N	2,206	26	726	579	842	33	37	49	221	76	7	6	1	41	2	-	-	-	-	4,852	14.23%
MARTES	S	2,001	35	756	499	905	37	30	50	165	59	19	12	20	10	4	-	-	-	-	4,602	14.25%
	N	2,226	42	801	502	902	32	28	54	179	92	8	7	26	14	10	-	-	-	-	4,923	14.44%
MIERCOLES	S	2,033	41	700	531	886	31	32	48	194	80	18	11	25	15	2	-	-	-	-	4,647	14.39%
	N	2,164	42	707	510	923	31	24	44	191	74	19	9	25	9	8	-	-	-	-	4,780	14.02%
JUEVES	S	1,997	29	741	437	872	42	33	36	199	94	13	7	26	13	1	-	-	-	-	4,640	14.36%
	N	2,103	38	755	492	949	39	32	38	207	68	13	11	21	16	6	-	-	-	-	4,788	14.04%
VIERNES	S	1,845	44	774	553	852	36	39	47	212	58	23	11	20	5	8	-	-	-	-	4,527	14.02%
	N	2,174	52	765	485	937	37	28	45	216	100	12	11	26	18	7	-	-	-	-	4,913	14.41%
SABADO	S	1,910	41	787	526	892	57	32	46	225	59	22	11	19	5	7	-	-	-	-	4,639	14.36%
	N	2,237	34	772	499	930	42	30	38	223	98	10	10	25	18	10	-	-	-	-	4,976	14.60%
DOMINGO	S	1,871	45	732	510	914	49	32	39	175	63	19	9	18	4	6	-	-	-	-	4,491	13.90%
	N	2,194	43	732	534	901	35	32	38	183	99	11	8	29	14	6	-	-	-	-	4,859	14.25%
PARCIAL	S	13,736	258	5,223	3,580	6,308	293	248	309	1,390	505	129	71	132	85	34	-	-	-	-	32,301	100.00%
	N	15,304	277	5,258	3,601	6,384	249	211	306	1,420	607	80	62	153	130	49	-	-	-	-	34,091	100.00%
%		42.52%	0.80%	16.17%	11.08%	19.53%	0.91%	0.77%	0.96%	4.30%	1.56%	0.40%	0.22%	0.41%	0.26%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	66,392	

SENTIDO (S)

Volumen de tránsito semanal (TS):
 TS = 32,301 Veh/sem
 Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):
 TPDS = 4,614 Veh/día

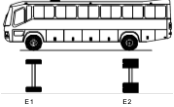
Dia con la Máxima Demanda (DMD):
 DMD = LUNES

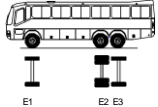
SENTIDO (N)


Volumen de tránsito semanal (TS):
 TS = 34,091 Veh/sem
 Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):
 TPDS = 4,870 Veh/día


Dia con la Máxima Demanda (DMD):
 DMD = SABADO

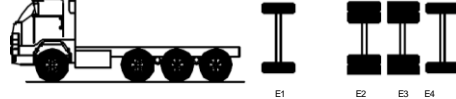
C. 1.2. Factor de Ejes Equivalentes.

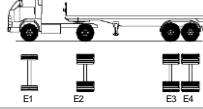
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
B2								13.20
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	11						
Factor E.E.	1.265	3.238						
								Total Factor B2
								4.504

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
B3								14.00
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	1 Rueda Doble + 1 Rueda Simple						
Peso	7	16						
Factor E.E.	1.265	1.366						
								Total Factor B3
								2.631

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2								12.30
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	11						
Factor E.E.	1.265	3.238						
								Total Factor C2
								4.504

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C3								13.20
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	18						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	18						
Factor E.E.	1.265	2.019						
								Total Factor C3
								3.285

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C4								13.20
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	23						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tridem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	2 Rueda Doble + 1 Rueda Simple						
Peso	7	23						
Factor E.E.	1.265	1.508						
								Total Factor C4
								2.774

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
T2S2								20.50
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11	18					
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tandem					
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	2 Rueda Doble					
Peso	7	11	18					
Factor E.E.	1.265	3.238	2.019					
								Total Factor T2S2
								6.523

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
T2S3								20.50
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11	25					
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tridem					
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Doble					
Peso	7	11	25					
Factor E.E.	1.265	3.238	1.706					Total Factor T2S3 6.210

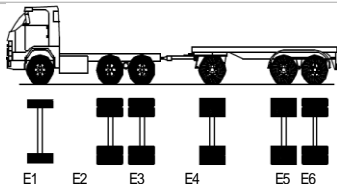
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
T3S2								20.50
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	18		18				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tandem				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble				
Peso	7	18		18				
Factor E.E.	1.265	2.019		2.019				Total Factor T3S2 5.304

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
T3S3								20.50
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$		$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	18		25				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tridem				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble				
Peso	7	18		25				
Factor E.E.	1.265	2.019		1.706				Total Factor T3S3 4.991



Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2R2								23.00
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{E3} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{E4} = [P/8.2]^{4.0}$				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11	11	11				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Doble	Rueda Doble				
Peso	7	11	11	11				
Factor E.E.	1.265	3.238	3.238	3.238				Total Factor 10.980

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2R3								23.00
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{E2} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{E3} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$				
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11	11	18				
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tandem				
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Doble	Rueda Doble				
Peso	7	11	11	18				
Factor E.E.	1.265	3.238	3.238	2.019				Total Factor 9.761

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C3R2								23.00
	$EE_{E1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$		$EE_{E3} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{E5} = [P/8.2]^{4.0}$			
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	18		11	11			
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Simple	Eje Simple			
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble	Rueda Doble			
Peso	7	18		11	11			
Factor E.E.	1.265	2.019		3.238	3.238			Total Factor 9.761

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos						Long. Máxima (m)	
C3R3							23.00	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$		$EE_{S1} = [P/8.2]^{4.0}$	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$			
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	18		11	18			
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Simple	Eje Tandem			
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble	Rueda Doble			
Peso	7	18		11	18			
Factor E.E.	1.265	2.019		3.238	2.019			
								Total Factor
								8.542

C. 2. Memoria de cálculo para diseño pavimento flexible con método AASHTO 93

	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 1993		
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	

Período de diseño, n = **20** años

CBR = **13.54** %

Mód. resiliente subrasante = **13540** Psi

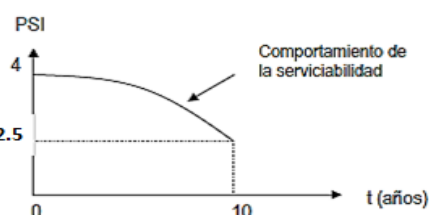
ESAL de diseño, W_{18} = **1.49E+07**

Índice de Serviciab.

PSI_0 = **4.00**

PSI_f = **2.50**

ΔPSI = **1.5**



Confiability, R **90%** (para un tráfico tipo TP11, Tabla 13)

Desv. Est. Normal, ZR **-1.282** (Tabla 16)

Error Estándar, So **0.45** (AASHTO 1993 recomienda valores entre 0.40 y 0.50 para pavimentos flexibles)

Cálculo del Número Estructural

Según el nomograma de la (Figura 12) se tiene:

$$SN_{aprox} = 4.44$$

Este valor debe ser ajustado aplicando la (Ecuación 7) de cuyo resultado se obtuvo que:

$$SN_{requerido} = 4.436$$



Diseño de Espesores

Las condiciones de drenaje asumidas para el proyecto son regulares y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación son 5-25% para las capas de base granular y sub base granular, respectivamente.

Materiales	CBR	Mr		Coef. Capa	Coef. Dren.
		(Mpa -	psi)	ai	mi
Carpeta Asfáltica	-----	2965	430,000	0.44	-----
Base	104%	207	30,000	0.14	0.90
Subbase	65.8%	124	18,000	0.13	0.90
Subrasante	13.54%	93	13,540	-----	-----

1. Según el nomograma de la (Figura 12), para el módulo resiliente $M_r = 18,000$ para proteger la sub base granular $SN = 3.986$ y para módulo resiliente $M_r = 30,000$ el valor de SN_1 es de 2.21 para proteger la base granular.

Base granular	$SN_1 =$	2.210	Para proteger la base granular
Sub base granular	$SN_2 =$	3.986	Para proteger la sub base granular
Sub rasante	$SN_3 =$	4.436	Para proteger la sub rasante

	<p align="center">DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 1993</p> <p>PROYECTO DE TESIS Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.</p>	
UBICACIÓN	: Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.	
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

Coeficientes de Capas:

Carpeta asfáltica	E =	430,000	a₁ =	0.44 pulg-1	(Figura 9)
Base granular	CBR =	104%	a₂ =	0.14 pulg-1	(Figura 10)
			M_R =	30,000 psi	
Sub base granular	CBR =	65.8%	a₃ =	0.13 pulg-1	(Figura 11)
			M_R =	18,000 psi	

De las tablas 18 y 19 se tiene:

Drenaje de base granular	m₂ =	0.90
Drenaje de sub base granular	m₃ =	0.90

a) Se asume que la carpeta asfáltica se cimentará sobre la base granular con módulo resiliente de 30,000 psi:



Según el nomograma de la (Figura 12) y aplicando la siguiente ecuación se obtuvo que:

$$\begin{aligned}
 SN_{\text{requerido } 1} &= 2.21 \\
 SN_{\text{requerido } 1} &= a_1 * D_1 \\
 D_1 &= \frac{SN_{\text{requerido } 1}}{a_1} \quad \text{(Ecuación 21)} \\
 D_1 &= \frac{2.21}{0.44} = 5.08 \text{ pulg} \quad \text{Adoptamos } 5.10 \text{ pulg}
 \end{aligned}$$

Entonces el SN'1 absorbido por el concreto asfáltico será:



$$\begin{aligned}
 SN'_1 &= a_1 * D_1 \quad \text{(Ecuación 22)} \\
 SN'_1 &= 0.44 \times 5.10 \\
 SN'_1 &= 2.22
 \end{aligned}$$

b) Ahora se asume que la base granular se cimienta sobre la sub base granular con módulo resiliente de 18,000 psi:



Según el nomograma de la (Figura 12) y aplicando la ecuación se obtuvo que:

$$\begin{aligned}
 D_2 &\geq (SN_2 - SN'_1) / (a_2 * m_2) \quad \text{(Ecuación 23)} \\
 D_2 &\geq (3.986 - 2.22) / (0.14 \times 0.90) \\
 D_2 &= 11.68 \text{ pulg} \quad \text{Adoptamos } 12.00 \text{ pulg}
 \end{aligned}$$

	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASHTO 1993		
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	

Entonces el SN'2 absorbido por la base granular sera:

$$\begin{aligned}
 SN'_2 &= a_2 * m_2 * D_2 & (Ecuación 24) \\
 SN'_2 &= 0.14 \times 0.9 \times 4.0 \\
 SN'_2 &= 1.51
 \end{aligned}$$

c) Ahora se asume que la sub base granular se cimienta sobre la subrasante con módulo resiliente de 13,540 psi:



Según el nomograma de la (Figura 12) y aplicando la ecuación se obtuvo que:

$$\begin{aligned}
 D_3 &\geq SN_3 - (SN'_1 + SN'_2) / (a_3 * m_3) & (Ecuación 25) \\
 D_3 &\geq 4.436 - (2.22 + 1.51) / (0.13 * 0.90) \\
 D_3 &\geq 7.35 & \text{Adoptamos } 7.50 \text{ pulg}
 \end{aligned}$$

Siendo el SN'3 absorbido por la sub base, entonces:

$$\begin{aligned}
 SN'_3 &= a_3 * m_3 * D_3 & (Ecuación 26) \\
 SN'_3 &= 0.88
 \end{aligned}$$

Para verificar tenemos la siguiente formula:

$$\begin{aligned}
 SN'_1 + SN'_2 + SN'_3 &\geq SN & (Ecuación 27) \\
 2.22 + 1.51 + 0.88 &= 4.608 \geq 4.436
 \end{aligned}$$

Entonces los espesores de diseño que cumplen con las especificaciones del diseño son:

Carpeta asfáltica	: 5.10 pulg	12.75	13.00	cm
Base granular	: 12.00 pulg	30.00	30.00	cm
Subbase granular	: 7.50 pulg	18.75	20.00	cm
Sub rasante mejorada	: 23.60 pulg	59.94	60.00	cm



ANEXO D. METODO MEPDG

D. 1. Datos de tráfico

D. 1.1. Fichas de conteo vehicular.

F H W A		ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																			
PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"																					
CONTEO VEHICULAR METODO MEPDG																					
UBICACIÓN : OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00+000 - KM 01+000)										RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Moroco											
COD. ESTACION : Juluca										TRAMO : Ovalo Pedro Vilcapaza - Av. las americanas (00+00 - 01+00 Km)											
ESTACION : E-1										SENTIDO : Sur y Norte											
DIA : Lunes										FECHA : 17/12/2018											
HORAS	SENTIDO	CLASE1	CLASE2	CLASE3	CLASE4	CLASE5	CLASE6	CLASE7	CLASE8	CLASE9	CLASE10	CLASE11	CLASE12	CLASE13	TOTAL	TOTAL (%)					
		Motociclistas 2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses B2 B3 B4 B4.1	Camion simple, dos ejes, seis llantas C2	Camion simple tres ejes C3	Camion simple, cuatro o mas ejes C4 o 84	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes T201 T202 T203 T204	Camion remolque simple, cinco ejes T205 T206 T207 T208	Camion remolque simple, seis o mas ejes T209 T210	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes C201 C202 C203	Camion remolque multiple, seis ejes C301 C302 C303	Camion remolque multiple, siete o más ejes C404 C405 C406 C407 C408 C409 C410 C411 C412 C413 C414 C415 C416 C417 C418 C419 C420							
7	8	S 121	35	100	2 1 1	20	8	1	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	289	6.09%					
		N 109	35	100	1 3 4	21	5	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	279	5.74%					
8	9	S 132	32	119	4 4 3	21	7	2	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	324	6.83%					
		N 212	38	99	2 2 4	18	5	0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	380	7.82%					
9	10	S 203	42	104	2 1 4	17	6	1	0 0 0 0 0 0	1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	383	8.07%					
		N 288	45	100	3 4 1	18	4	2	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	465	9.57%					
10	11	S 150	42	113	4 3 3	15	5	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	336	7.08%					
		N 104	36	109	1 1 4	22	2	0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	2 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	281	5.78%					
11	12	S 227	45	132	5 8 3	26	8	3	0 0 0 0 0 0	3 0 1 1 2	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	484	10.28%					
		N 318	72	135	6 5 4	19	9	2	1 2 1 1 4	1 1 1 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	582	11.98%					
12	13	S 300	75	122	4 7 3	18	8	2	1 1 0 0 0	6 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	550	11.59%					
		N 252	61	128	3 4 3	16	8	0	0 0 0 0 0 0	2 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	478	9.84%					
13	14	S 262	71	117	5 4 3	18	7	1	0 0 0 0 0 0	1 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	490	10.32%					
		N 261	71	155	4 5 3	17	6	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	524	10.78%					
14	15	S 106	72	147	5 7 2	15	8	1	0 0 0 0 0 0	2 2 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	368	7.75%					
		N 108	82	124	4 1 5	18	8	0	0 0 0 0 0 0	3 2 0 0 0 0	0 3 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	358	7.37%					
15	16	S 152	65	120	1 6 4	17	7	0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	372	7.84%					
		N 150	63	147	4 4 5	17	5	0	0 0 0 0 0 0	4 4 4 3 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	410	8.44%					
16	17	S 173	75	148	5 5 5	15	9	1	0 0 0 0 0 0	3 2 3 4 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	448	9.44%					
		N 153	71	149	3 3 4	19	8	1	1 0 1 0 0 0	5 0 2 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	420	8.64%					
17	18	S 154	82	119	2 2 6	17	11	2	1 1 1 1 1	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	400	8.43%					
		N 151	75	95	1 1 7	18	9	0	1 2 1 0 2	1 2 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	366	7.53%					
18	19	S 122	72	70	2 2 5	21	8	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	303	6.38%					
		N 126	77	80	1 4 4	18	7	0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	317	6.52%					
Parcial		S 2102	728	1411	41 50 42	1	220	92	14	1 2 2 1 1	19	5	7 6 2	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0				
		N 2232	726	1421	33 37 48	1	221	76	5	2 3 4 2 1	22	8	9 3 6	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0				
Total		S 2102	728	1411	134	220	92	15	6		37	2	0	0	4747	100%					
		N 2232	726	1421	119	221	76	7	10		42	6	0	0	4860	100%					
TOTAL		4334	1454	2832	253	441	168	22	16	79	8	0	0	0	9607						
%		45.11%	15.13%	29.48%	2.63%	4.59%	1.75%	0.23%	0.17%	0.82%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	100%						

FHWA		ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR														
PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"																
CONTEO VEHICULAR METODO MEPDG																
UBICACION : OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00+000 - KM 01+000)					RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco											
COD. ESTACION : E-1					TRAMO : Ovalo Pedro Vilcapaza - Av. las americanas (00+00 - 01+00 Km)											
DIA : Martes					SENTIDO : Sur y Norte											
FECHA : 17/12/2018																
HORAS	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13	TOTAL	TOTAL (%)	
SENTIDO	Motociclistas 2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses B2 B3 B4 B4.1	Camion simple, dos ejes, seis llantas	Camion simple tres ejes	Camion simple, cuatro o mas ejes	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes	Camion remolque simple, cinco ejes	Camion remolque simple, seis o mas ejes	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes	Camion remolque multiple, seis ejes	Camion remolque multiple, siete o más ejes			
7	S 89	33	88	4 2 1 0	10	4	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	231	5.02%	
	N 112	33	90	3 1 3 2	8	8	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	261	5.30%	
8	S 135	40	111	2 4 1 0	10	3	3 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	319	6.74%	
	N 215	43	90	3 2 1 3	14	6	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	379	7.70%	
9	S 206	40	98	4 1 3 2	13	7	2 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	376	8.17%	
9	N 291	54	92	5 1 2 3	14	6	0 3 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	472	9.59%	
10	S 135	41	117	2 4 1 2	16	9	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 1 0 0 0	2 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	331	7.19%	
10	N 107	35	110	1 3 2 1	17	3	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	279	5.67%	
11	S 187	74	133	3 4 1 4	14	2	0 1 0 2 1 1	3 2 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	433	9.41%	
11	N 321	84	138	1 5 2 2	19	6	1 0 3 0 0 0	0 1 4 1 0 0	4 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	593	12.05%	
12	S 297	73	123	3 4 3 2	16	9	3 1 0 0 0 0	0 3 3 2 1 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	543	11.80%	
12	N 256	64	130	4 2 3 2	17	10	1 0 0 0 0 0	0 0 2 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	492	9.99%	
13	S 265	74	121	5 2 2 0	16	2	2 0 0 0 0 0	0 0 2 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	491	10.67%	
13	N 263	85	158	3 0 2 2	14	9	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	537	10.91%	
14	S 109	75	148	3 2 5 3	14	4	2 0 0 0 0 0	0 2 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	367	7.97%	
14	N 111	85	126	3 2 0 2	16	10	0 0 0 0 0 0	0 2 1 2 1 0	2 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	363	7.37%	
15	S 155	68	123	2 2 4 3	14	5	2 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	379	8.24%	
15	N 153	86	150	3 3 2 3	18	8	0 1 0 0 0 0	0 2 1 3 4 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	437	8.88%	
16	S 176	78	150	4 1 3 2	13	3	1 0 1 0 0 0	0 1 3 2 3 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	441	9.58%	
16	N 156	74	140	5 2 4 2	14	9	0 2 1 2 1 0	3 2 2 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	420	8.53%	
17	S 157	85	120	4 2 1 2	15	7	0 0 2 3 2 0	0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	401	8.71%	
17	N 154	78	99	0 4 5 3	14	9	0 0 0 0 0 0	0 2 3 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 3 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	371	7.56%	
18	S 125	75	72	2 1 3 2	14	4	0 0 0 0 0 0	0 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	299	6.50%	
18	N 129	80	81	1 3 2 1	14	8	0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	319	6.48%	
Partial	S 2036	756	1404	37 30 28 22	165	59	16 3 3 5 3 1	1 11 11 4 4 3	3 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	4602	100%	
Partial	N 2268	801	1404	32 28 28 26	179	92	2 6 4 2 1 1	0 10 16 9 5 9	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	4923	100%	
Total	S 2036	756	1404	117	165	59	19	12	30	4	0	0	0	4602	100%	
Total	N 2268	801	1404	114	179	92	8	7	40	10	0	0	0	4923	100%	
TOTAL	4304	1557	2808	231	344	151	27	19	70	14	0	0	0	9535		
%	45.19%	16.35%	29.48%	2.43%	3.61%	1.59%	0.28%	0.20%	0.73%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		

FHWA

PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"

CONTEO VEHICULAR METODO MEPDG

UBICACIÓN :
COD. ESTACION :
ESTACION :
DIA :

OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00-000 - KM 01-000)
Juliaca
E-1
Miercoles

FECHA :
17/12/2018














RESPONSABLES :
TRAMO :
SENTIDO :

Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno
Bach. Jhon Williams Estrada Morocco
Ovalo Pedro Vilcapaza - Av. las americanas (00-00 - 01-00 Km)
Sur y Norte

HORAS	SENTIDO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13												TOTAL	TOTAL (%)		
		Motorciclist m2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses B2 B3-1 B4-1 BA-1	Camion simple, dos ejes, seis llantas	Camion simple tres ejes	Camion simple, cuatro o mas ejes	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes	Camion remolque simple, cinco ejes	Camion remolque simple, seis o mas ejes	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes	Camion remolque multiple, seis ejes	Camion remolque multiple, siete o más ejes															
7	S	119	33	101	0	1	1	0	19	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	283	6.09%	
	N	106	32	102	1	0	2	1	19	7	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	5.69%	
8	S	130	30	116	2	1	3	2	18	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	307	6.61%	
	N	211	37	102	0	1	3	0	15	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	7.95%	
9	S	199	38	106	1	0	2	1	15	4	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	369	7.94%	
	N	286	43	99	2	1	2	0	17	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	455	9.52%	
10	S	146	38	112	2	1	1	1	14	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321	6.91%	
	N	103	35	105	2	1	0	1	18	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	5.75%	
11	S	225	63	134	4	5	3	1	24	6	1	1	0	0	0	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	473	10.18%	
	N	315	69	136	3	4	5	1	18	8	2	1	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	571	11.95%	
12	S	299	74	125	2	6	3	2	15	5	1	1	2	1	2	0	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	546	11.75%	
	N	250	59	129	1	3	5	0	15	7	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	476	9.96%	
13	S	258	67	121	3	2	2	1	14	11	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	484	10.42%	
	N	258	68	157	5	3	2	0	15	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	514	10.75%	
14	S	105	71	144	2	1	3	2	12	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	348	7.49%	
	N	106	80	129	7	5	1	1	13	3	0	1	0	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	352	7.36%	
15	S	149	62	118	1	4	2	2	15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	7.79%	
	N	147	67	148	3	2	2	1	16	4	1	1	0	0	0	0	4	3	2	3	0	0	0	0	0	0	404	8.45%	
16	S	171	73	150	7	2	6	3	13	7	3	2	0	0	0	0	3	2	5	4	0	0	0	0	0	0	451	9.71%	
	N	152	70	145	3	2	2	1	15	12	2	1	0	2	0	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	414	8.66%	
17	S	153	81	121	1	4	2	1	15	9	0	0	3	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	394	8.48%	
	N	147	71	96	1	1	2	5	17	10	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	352	7.43%	
18	S	120	70	99	6	5	3	1	20	9	1	1	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	309	6.65%	
	N	125	76	85	3	1	5	2	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	6.53%	
Parcial	S	2074	700	1417	31	32	31	17	194	80	10	8	5	2	4	0	19	6	9	6	1	1	0	0	0	0	0	4647	100%
	N	2206	707	1433	31	24	31	13	191	74	10	9	1	4	2	2	18	7	6	3	6	2	0	0	0	0	0	4780	100%
Total	S	2074	700	1417	111	194	80	18	11	40	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4647	100%	
	N	2206	707	1433	99	191	74	19	9	34	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4780	100%	
TOTAL		4280	1407	2850	210	385	154	37	20	74	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9427		
%		45.40%	14.93%	30.23%	2.23%	4.08%	1.63%	0.39%	0.21%	0.78%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%		

FHWA		ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																										
PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"																												
CONTEO VEHICULAR METODO MEPDG																												
UBICACION :		OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00-000 - KM 01-000)										RESPONSABLES :		Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco														
COD. ESTACION :		Juliaca										TRAMO :		Ovalo Pedro Vilcapaza - Av. las americanas (00-00 - 01-00 Km)														
ESTACION :		E-1										SENTIDO :		Sur y Norte														
DIA :		Jueves		FECHA :		17/12/2018																						
HORAS	SENTIDO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13								TOTAL	TOTAL (%)					
		Motorciclist m2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses	Camion simple, dos ejes, seis llantas	Camion simple tres ejes	Camion simple, cuatro o mas ejes	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes	Camion remolque simple, cinco ejes	Camion remolque simple, seis o mas ejes	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes	Camion remolque multiple, seis ejes	Camion remolque multiple, siete o más ejes														
7	S	117	35	88	2	1	1	0	23	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	5.92%	
	N	105	33	101	3	2	4	1	20	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	277	5.79%	
8	S	127	33	113	4	4	2	1	15	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308	6.63%	
	N	196	52	88	1	2	3	1	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	7.70%	
9	S	191	46	98	5	2	1	1	14	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	366	7.87%	
	N	283	46	96	4	3	1	1	20	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	461	9.64%	
10	S	144	40	132	1	3	4	0	16	6	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	7.53%	
	N	99	39	94	1	0	2	1	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253	5.29%	
11	S	224	64	133	3	2	0	1	25	9	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	468	10.07%	
	N	306	78	127	3	5	2	3	21	7	1	2	1	2	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	567	11.86%	
12	S	294	79	120	5	4	2	0	10	9	2	0	1	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	534	11.49%	
	N	248	61	132	3	4	3	1	16	8	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	481	10.06%	
13	S	255	70	116	4	5	3	2	17	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	494	10.41%	
	N	257	69	156	4	4	1	1	14	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	514	10.75%	
14	S	100	76	139	7	5	1	1	17	10	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	359	7.72%	
	N	101	85	124	5	1	2	0	18	4	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	345	7.22%	
15	S	144	67	113	2	1	0	1	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	7.47%	
	N	139	68	140	5	3	4	2	18	4	1	0	0	0	0	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	393	8.22%	
16	S	168	76	147	5	2	2	4	16	7	1	1	0	0	0	1	3	2	3	0	0	0	0	0	0	438	9.42%	
	N	141	81	134	3	2	1	0	18	11	2	1	0	1	0	1	1	0	4	0	1	1	0	0	0	403	8.43%	
17	S	151	83	119	1	2	2	4	13	10	0	0	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	391	8.41%	
	N	144	74	109	3	2	1	0	20	7	0	0	0	2	1	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	369	7.72%	
18	S	111	79	89	3	2	2	1	23	8	1	0	0	0	0	2	4	1	1	0	1	0	0	0	0	328	7.06%	
	N	122	79	123	4	4	1	1	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349	7.30%	
Recorrido	S	2026	748	1409	42	33	20	16	199	94	11	2	3	3	1	0	14	12	7	6	1	1	0	0	0	0	4648	100%
	N	2141	765	1424	39	32	25	13	207	68	9	4	1	5	4	1	10	11	11	1	5	4	0	0	0	0	4780	100%
Total	S	2026	748	1409	111	199	94	13	7	39	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4648	100%	
	N	2141	765	1424	109	207	68	13	11	33	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4780	100%	
TOTAL		4167	1513	2833	220	406	162	26	18	72	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9428		
%		44.20%	16.05%	30.05%	2.33%	4.31%	1.72%	0.28%	0.19%	0.76%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		

FHWA		ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																											
		PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDGP PARA LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"																											
CONTEO VEHICULAR METODO MEPDGP																													
UBICACIÓN : OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00-000 - KM 01-000)															RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco Ovalo Pedro Vicapaza - Av. las americanas (00-00 - 01-00 Km)														
ESTACION : E-1															TRAMO SENTIDO : Sur y Norte														
DIA : Viernes															FECHA : 17/12/2018														
HORAS	SENTIDO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13	TOTAL	TOTAL (%)													
		Motociclistas 2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses	Camion simple, dos ejes, seis llantas	Camion simple tres ejes	Camion simple, cuatro o mas ejes	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes	Camion remolque simple, cinco ejes	Camion remolque simple, seis o mas ejes	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes	Camion remolque multiple, seis ejes	Camion remolque multiple, siete o más ejes															
7	S	83	32	94	1	1	1	1	13	1	0	0	0	0	0	227	5.01%												
	N	108	29	93	3	1	3	2	10	10	0	0	1	0	0	262	5.33%												
8	S	128	47	110	2	3	4	1	13	4	2	1	0	0	0	315	6.96%												
	N	213	41	97	2	2	1	2	16	8	0	0	0	0	0	387	7.88%												
9	S	205	41	98	4	3	1	1	19	1	1	0	0	0	0	374	8.26%												
	N	285	48	114	3	2	3	1	20	1	0	2	0	0	0	481	9.79%												
10	S	133	43	125	2	3	3	1	13	11	1	1	0	0	0	341	7.53%												
	N	100	28	102	3	2	1	1	24	3	0	0	0	0	0	264	5.37%												
11	S	181	80	138	7	5	3	2	20	8	0	2	0	1	1	454	10.03%												
	N	317	80	126	4	3	1	1	23	2	1	0	1	0	0	569	11.58%												
12	S	192	78	130	5	4	2	2	24	1	1	1	0	0	0	445	9.83%												
	N	255	63	115	3	2	3	4	18	14	1	0	1	1	2	487	9.91%												
13	S	262	77	125	1	5	1	1	19	7	1	0	0	0	0	500	11.04%												
	N	261	83	164	4	2	2	1	21	2	0	0	0	0	0	542	11.03%												
14	S	103	81	153	5	7	2	1	16	6	2	2	0	0	0	380	8.39%												
	N	108	88	127	4	1	1	0	19	13	0	0	1	0	0	368	7.49%												
15	S	153	66	111	1	2	4	2	21	2	1	0	0	0	0	364	8.04%												
	N	149	82	151	2	3	5	0	18	12	2	2	0	0	0	434	8.83%												
16	S	171	73	143	2	2	3	2	18	3	2	2	1	0	0	429	9.48%												
	N	155	73	150	3	3	2	1	15	10	0	2	1	2	1	425	8.65%												
17	S	155	83	117	4	2	2	1	17	5	0	0	1	2	0	394	8.70%												
	N	149	73	100	5	3	2	2	15	14	0	2	0	0	0	369	7.51%												
18	S	123	73	61	2	2	5	1	19	9	3	0	1	0	0	304	6.72%												
	N	126	77	83	1	4	4	2	17	11	0	0	0	0	0	325	6.62%												
Parcial	S	1889	774	1405	36	39	31	16	212	58	14	9	4	2	4	4527	100%												
	N	2236	765	1422	37	28	17	216	100	4	8	4	4	3	9	4913	100%												
Total	S	1889	774	1405	122	228	117	212	58	23	11	25	8	0	0	4527	100%												
	N	2236	765	1422	110	216	100	12	11	44	7	0	0	0	0	4913	100%												
TOTAL		4115	1539	2827	232	428	158	35	32	69	15	0	0	0	0	9440													
%		43.59%	16.30%	29.95%	2.46%	4.53%	1.67%	0.37%	0.23%	0.73%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%													

FHWA		ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																											
		PROYECTO DE TESIS: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDGP PARA LA AVENIDA CIRCONVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA"																											
CONTEO VEHICULAR METODO MEPDGP																													
UBICACIÓN : OVALO PEDRO VILCAPAZA - AV. LAS AMERICAS (KM 00-000 - KM 01-000)															RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco														
COD. ESTACION : E-1															TRAMO : Ovalo Pedro Vilcapaza - Av. las americanas (00-00 - 01-00 Km)														
DIA : Sabado															FECHA : 17/12/2018														
HORAS	SENTIDO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13	TOTAL	TOTAL (%)													
		Motociclist 2 o 3 ejes	Carros pasajeros 2 ejes	Camion simple, dos ejes, cuatro llantas	Buses	Camion simple, dos ejes, seis llantas	Camion simple tres ejes	Camion simple, cuatro o mas ejes	Camion remolque simple, cuatro o menos ejes	Camion remolque simple, cinco ejes	Camion remolque simple, cinco o mas ejes	Camion remolque multiple, cinco o menos ejes	Camion remolque multiple, seis ejes	Camion remolque multiple, siete o mas ejes															
																													
7	S	90	35	97	3	1	2	0	16	4	0	0	0	0	248	5.35%													
	N	111	31	95	4	1	2	1	12	8	0	0	1	0	268	5.39%													
8	S	131	48	111	7	2	3	1	14	3	1	3	0	0	324	6.98%													
	N	217	39	95	2	3	1	0	14	6	0	0	0	0	382	7.68%													
9	S	211	41	98	5	0	2	0	19	1	2	1	0	0	380	8.19%													
	N	289	48	114	3	2	2	0	20	1	0	1	0	0	483	9.71%													
10	S	138	45	127	4	1	3	1	15	9	2	0	2	0	350	7.54%													
	N	104	29	103	0	3	2	1	25	2	0	0	0	0	270	5.43%													
11	S	184	81	139	6	7	2	3	21	7	0	2	0	1	429	9.89%													
	N	322	83	129	6	5	1	0	26	3	1	0	1	0	586	11.78%													
12	S	195	79	131	7	4	1	0	25	0	2	1	0	0	451	9.72%													
	N	263	61	113	2	1	4	2	16	12	1	0	2	0	483	9.71%													
13	S	267	78	126	6	1	2	1	20	6	1	0	0	0	509	10.97%													
	N	263	85	166	6	3	2	0	23	0	0	0	0	0	550	11.05%													
14	S	112	82	154	3	3	4	0	17	7	0	2	0	0	386	8.32%													
	N	111	85	124	4	1	2	0	16	13	0	0	1	0	364	7.32%													
15	S	160	67	112	3	4	5	0	22	3	1	0	0	0	378	8.15%													
	N	151	84	153	3	2	4	1	20	14	1	2	0	0	443	8.90%													
16	S	180	72	142	6	4	7	1	17	2	2	1	0	0	442	9.53%													
	N	157	75	152	7	3	2	1	17	12	0	2	2	0	440	8.84%													
17	S	158	84	118	3	2	1	0	18	6	0	0	1	0	395	8.51%													
	N	154	72	99	3	3	6	0	14	13	0	2	0	0	369	7.42%													
18	S	125	75	63	4	3	6	1	21	11	1	0	2	0	317	6.83%													
	N	129	80	86	2	3	3	1	20	14	0	0	0	0	338	6.79%													
Parcial	S	1951	787	1418	57	32	38	8	225	59	12	10	6	4	4639	100%													
	N	2271	772	1429	42	30	31	7	223	98	3	7	7	3	4976	100%													
Total	S	1951	787	1418	135	225	59	22	11	24	7	0	0	0	4639	100%													
	N	2271	772	1429	110	223	98	10	10	43	10	0	0	0	4976	100%													
TOTAL	4222	1559	2847	245	448	157	32	21	67	17	0	0	0	0	9615														
%	43.91%	16.21%	29.61%	2.55%	4.66%	1.63%	0.33%	0.22%	0.70%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%														

[illegible]

D. 1.2. Datos de conteo vehicular proporcionados de la estación de pesaje COVISUR.



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA

CARRETERA DE JULIACA - PUNO



VIA : Juliaca - Puno
 UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500
 AÑO : 2017 - 2018
 SENTIDO Sur y Norte

CONTEO VEHICULAR - AÑO 2017

Nº	Días	Mes	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES	6 EJES	7 EJES	NC	TOTAL
1	31	ENERO	68513	36968	9158	21147	53428	53	8935	198,202
2	28	FEBRERO	86951	46669	11185	27466	67087	36	7704	247,098
3	31	MARZO	66382	33961	8565	20057	50094	55	7926	187,040
4	30	ABRIL	60356	31838	8261	19587	47967	43	6429	174,481
5	31	MAYO	64280	33713	8922	21026	52431	69	7641	188,082
6	30	JUNIO	62519	33098	9082	20924	53400	58	7682	186,763
7	31	JULIO	63658	34569	9213	22077	55088	61	8283	192,949
8	31	AGOSTO	66497	36916	9491	21506	56013	58	9097	199,578
9	30	SEPTIEMBRE	62836	33760	9129	20623	53054	60	8562	188,024
10	31	OCTUBRE	69065	37568	9166	21503	56205	134	7705	201,346
11	30	NOVIEMBRE	64466	37417	9482	22459	57365	163	7814	199,166
12	31	DICIEMBRE	68178	38976	10027	23536	62334	153	8513	211,717

CONTEO VEHICULAR - AÑO 2018

Nº	Días	Mes	2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES	6 EJES	7 EJES	NC	TOTAL
1	31	ENERO	70119	38100	9874	22042	52049	45	4219.78	196,449
2	28	FEBRERO	85069	47947	10439	26476	68671	28	3007.25	241,637
3	31	MARZO	67955	32874	9272	20935	51424	63	3225.92	185,749
4	30	ABRIL	58873	32893	8963	18715	49265	52	1751.37	170,512
5	31	MAYO	65822	32629	9634	21920	53795	112	2945.19	186,857
6	30	JUNIO	64034	34173	8367	21816	52021	78	2985.58	183,475
7	31	JULIO	62125	35666	9929	22987	56493	123	3577.56	190,901
8	31	AGOSTO	68073	38048	8771	22407	57432	67	4379.35	199,177
9	30	SEPTIEMBRE	64356	34844	9843	19736	54428	69	3852.38	187,128
10	31	OCTUBRE	70679	38709	8451	22403	57626	123	3008.23	200,999

D. 1.3. Datos de pesaje vehicular proporcionados de la estación de pesaje COVISUR.



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA
CARRETERA DE JULIACA - PUNO



VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500

DIA : Domingo - Lunes

AÑO : 2017

SENTIDO : Ambos

Hora	Tipo de vehículo	Peso Bruto	Peso T. util	Origen	Destino	Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE SIMPLE	EJE TANDEM	EJE TRIDEM				
06:04	T3S3	8.300	25.000	Lima	Puno	3.5	21.500	33.300				
06:15	C2	8.430	30.570	Lima	Puno	3.6	19.430					
06:26	T3S2	3.000	4.800	Juliaca	Puno	3.7	21.300	21.000				
06:28	T3S3	0.000	45.000	Lima	Santa Cruz	3.8	21.200	25.000				
06:59	C3	17.000	31.000	Lima	Puno	3.9	21.100					
07:30	C2	9.100	15.500	Juliaca	Yunguyo	4	14.000					
07:46	T3S3	2.700	3.800	Juliaca	Puno	4.1	20.900	27.700				
07:47	T2S3	4.650		Cuzco	Puno	4.2	13.800	29.650				
07:52	T3S3	8.484	25.000	Arequipa	Puno	4.3	20.700	33.484				
07:57	C2	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	4.4	13.600					
08:43	T3S3	8.950	30.050	Lima	Puno	4.5	20.500	33.950				
09:18	T3S3	0.900	1.215	puno	Puno	3.6	21.400	25.900				
09:42	C2	8.950	30.050	Lima	Puno	3.7	14.300					
09:49	T3S3	16.000	27.000	Lima	Puno	3.8	21.200	41.000				
09:49	C3	3.620	4.180	Juliaca	Puno	3.9	21.100					
10:14	T3S2	9.900	29.100	Arequipa	Desaguadero	4.1	20.900	27.900				
10:33	C2	8.990	16.010	Puno	Juliaca	4.2	13.800					
10:43	T2S3	17.000	30.000	Arequipa	Puno	4.3	13.700	42.000				
10:46	C2	4.500	10.000	Puno	Tiquillaca	4.8	13.200					
11:05	T3S3	7.050	5.900	Puno	Arequipa	4.7	20.300	32.050				
11:12	C2	2.515	3.200	Puno	Paucarcolla	4.6	13.400					
11:17	C2	2.650	4.000	Puno	Cuzco	4.5	13.500					
11:20	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.4	13.600	36.000				
11:22	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.3	20.700	28.330				
11:24	B2	45.000	80.000	Desaguadero	Juliaca	4.2	13.800					
11:31	B3-1	28.000	5.000		Ilave	Juliaca	4.1	25.900				
11:55	B3-1	4.500	6.223	Puno	Totorani	7	23.000					
12:15	B2	11.180	15.820	Puno	Patallani	4.5	13.500					
12:20	T3S3	7.500	29.000	Puno	Arequipa	4.4	20.600	32.500				
12:34	B2	7.260	9.120	Puno	Juliaca	4.3	13.700					
12:38	B2	2.577	4.923	Puno	Juliaca	4.2	13.800					
12:42	T3S3	16.000	32.000	Desaguadero	Lima	3.6	21.400	41.000				
12:49	T3S2	7.185	17.309		Lima	Puno	3.7	21.300	25.185			
12:55	B2	3.060	2.000	Puno	Totorani	3.8	14.200					
01:02	T3S3	5.534	31.966	Arequipa	Puno	3.9	21.100	30.534				
01:07	C3	6.000	7.540	Puno	Juliaca	4.1	20.900					
01:12	B2	3.500	4.000	Juliaca	Puno	4	14.000					
01:15	B2	5.230	9.770	Puno	Juliaca	4.1	13.900					
01:34	BA-1	3.035	4.000	Puno	Paucarcolla	4.2	25.800	10.035				
01:38	C2	5.200	11.800	Juliaca	Puno	4	14.000					
01:43	T3S2	6.000	18.000	Lima	Puno	4.1	20.900	24.000				
01:49	C2	3.190	9.310	Juliaca	Yonguyo	4.2	13.800					
01:53	C2	4.210	5.690	Arequipa	Puno	3.8	14.200					
01:57	B2	0.900	1.100	Puno	Juliaca	3.9	14.100					
02:12	C2	7.700	10.716	Juliaca	Puno	4	14.000					
02:17	T3S2	7.185	17.309	Lima	Puno	4.1	20.900	25.185				
02:24	C2	3.060	2.000	Puno	Totorani	4.2	13.800					
02:32	T3S3	5.534	31.966	Arequipa	Puno	4.3	20.700	30.534				

VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500

DIA : Domingo - Lunes

AÑO : 2017

SENTIDO : Ambos

Hora	Tipo de vehículo	Peso Bruto	Peso T. util	Origen	Destino	Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE SIMPLE	EJE TANDEM	EJE TRIDEM				
02:43	C3	6.000	7.540	Puno	Juliaca	4.4	20.600					
02:45	C2	3.500	4.000	Juliaca	Puno	4.5	13.500					
02:54	B2	5.230	9.770	Puno	Juliaca	3.6	14.400					
02:59	B2	3.035	4.000	Puno	Paucarcolla	3.7	14.300					
03:06	C2	5.200	11.800	Juliaca	Puno	3.8	14.200					
03:14	T3S2	6.000	18.000	Lima	Puno	3.9	21.100			24.000		
03:21	C2	3.190	9.310	Juliaca	Yunguyo	4.1	13.900					
03:23	C2	4.210	5.690	Arequipa	Puno	5.1	12.900					
03:44	B3-1	0.900	1.100	Puno	Juliaca	4.2	25.800					
03:54	C2	7.700	10.716	Juliaca	Puno	3.8	14.200					
04:23	C2	2.210	3.200	Puno	Totorani	3.7	14.300					
04:25	B3-1	5.350	5.650	Juliaca	Puno	3.8	26.200					
04:32	T3S2		47.000	Arequipa	Cochabamba	3.9	21.100			18.000		
04:39	T3S3	8.130	16.870	Juliaca	Puno	4.1	20.900			33.130		
04:43	C2	8.110	25.000	Lima	Desaguadero	4.2	13.800					
04:48	C2	2.110	2.650	Juliaca	Puno	4.3	13.700					
04:52	C2	3.300	1.700	Juliaca	Puno	4.8	13.200					
04:57	T3S3	2.650	4.000	Arequipa	Puno	4.7	20.300			27.650		
05:02	T3S3	8.800	17.000	Arequipa	Puno	4.6	20.400			33.800		
05:05	C2	10.500	25.000	Arequipa	Puno	4.5	13.500					
05:08	B3-1	3.350	5.340	Totorani	Puno	4.4	25.600					
05:12	B2	2.557	4.923	Juliaca	Puno	4.6	13.400					
05:15	C3	2.460	5.040	Juliaca	Puno	4.5	20.500					
05:23	T3S3	8.300	25.000	Lima	Puno	4.4	20.600			33.300		
05:29	C2	8.430	30.570	Lima	Puno	4.3	13.700					
05:35	T3S2	3.000	4.800	Juliaca	Puno	4.9	20.100			21.000		
05:41	T3S3	0.000	45.000	Lima	Santa Cruz	4.8	20.200			25.000		
05:49	C3	17.000	31.000	Lima	Puno	3.9	21.100					
05:52	B2	9.100	15.500	Juliaca	Yunguyo	4.1	13.900					
06:04	T3S3	2.700	3.800	Juliaca	Puno	4	21.000			27.700		
06:08	T2S3	4.650		Cuzco	Puno	4.1	13.900			29.650		
06:10	T3S3	8.484	25.000	Arequipa	Puno	4.2	20.800			33.484		
06:12	C2	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	4	14.000					
06:13	T3S3	8.950	30.050	Lima	Puno	4.1	20.900			33.950		
06:16	T3S3	0.900	1.215	puno	Puno	4.2	20.800			25.900		
06:19	C2	8.950	30.050	Lima	Puno	3.8	14.200					
06:21	T3S3	16.000	27.000	Lima	Puno	4.2	20.800			41.000		
06:25	C3	3.620	4.180	Juliaca	Puno	4.3	20.700					
06:32	T3S2	9.900	29.100	Arequipa	Desaguadero	4.4	20.600			27.900		
06:35	C2	8.990	16.010	Puno	Juliaca	4.5	13.500					
06:39	T2S3	17.000	30.000	Arequipa	Puno	3.6	14.400			42.000		
06:45	C2	4.500	10.000	Puno	Tiquillaca	3.7	14.300					
06:45	C2	14.000	30.000	Arequipa	Bolivia	3.8	14.200					
06:59	T2S3	2.430	2.380	Juliaca	Puno	3.9	14.100			27.430		
06:51	T3S3	3.105	4.895	Tacna	Cuzco	4.1	20.900			28.105		

VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500

DIA : Domingo - Lunes

AÑO : 2017

SENTIDO : Ambos

Hora	Tipo de vehículo	Peso Bruto	Peso T. util	Origen	Destino	Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE SIMPLE	EJE TANDEM	EJE TRIDEM				
06:54	T3S3	16.000	27.000	Lima	Desaguadero	3.2	3.200					
06:58	C2	18.000	30.000	Arequipa	Bolivia	3.9	14.100					
06:59	T3S3	12.200	18.000	Juliaca	Puno	4.1	20.900			37.200		
07:04	C2	2.280	3.000	Puno	Canyanga	5.1	12.900					
07:07	C2	3.505	4.405	Arequipa	Puno	4.2	13.800					
07:12	C2	15.800	28.000	Lima	Bolivia	3.8	14.200					
07:16	B3-1	15.300	25.000	Caracoto	Puno	3.7	26.300					
07:19	C3	15.800	31.000	Arequipa	Puno	3.8	21.200					
07:23	T3S3	3.030	1.506	Puno	Juliaca	3.9	21.100			28.030		
07:28	C2	16.500	31.500	Puno	Puquio	4.1	13.900					
07:29	C2	4.970	5.100	Tacna	Juliaca	4.2	13.800					
07:35	T3S3	7.050	5.900	Puno	Arequipa	4.3	20.700			32.050		
07:39	B2	2.515	3.200	Puno	Paucarcolla	4.8	13.200					
07:43	C2	2.650	4.000	Puno	Cuzco	4.7	13.300					
07:47	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.6	13.400			36.000		
07:51	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.5	20.500			28.330		
07:58	C2	45.000	80.000	Desaguadero	Juliaca	4.4	13.600					
07:59	8x4	8.43	30.57	Lima	Puno	6.6	19.430					
08:23	8x4	3	4.8	Juliaca	Puno	6.7	21.300					
08:35	8x4	0	45	Lima	Santa Cruz	6.8	21.200					
08:39	T3S3	15.800	29.000	Puno	Arequipa	4.3	20.700			40.800		
08:42	C2	7.26	9.12	Puno	Ayaviri	4.9	13.100					
08:49	C3	2.577	4.923	Puno	Juliaca	4.8	13.200					
08:51	T3S3	8	32	Desaguadero	Lima	3.9	21.100			33.000		
08:59	C2	5.12	11.8	Puno	Juliaca	4.1	13.900					
09:18	C2	2.8	4.2	Puno	Juliaca	4	14.000					
09:21	T3S3	8.99	14.01	Desaguadero	Arequipa	4.1	20.900			33.990		
09:32	C4	8.13	47	Arequipa	Cochabamba	3.9				48.000		
09:39	C4	8.13	16.87	Juliaca	Puno	4.1				63.130		
09:42	C4	2.65	4	Arequipa	Puno	4.7				57.650		
09:48	C4	8.8	17	Arequipa	Puno	4.6				63.800		
09:51	8x4	9.100	15.500	Juliaca	Yunguyo	7	14.000					
09:57	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.6	13.400			36.000		
09:59	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.5	20.500			28.330		
10:14	C2	45.000	80.000	Desaguadero	Juliaca	4.4	13.600					
10:18	B2	28.000	5.000	Ilave	Juliaca	4.6	13.400					
10:22	C2	4.500	6.223	Puno	Totorani	4.5	13.500					
10:29	C4	0.9	1.215	puno	Puno	4.2				55.900		
10:35	T3S3	7.050	5.900	Puno	Arequipa	4.3	20.700			32.050		
10:39	B2	2.515	3.200	Puno	Paucarcolla	4.8	13.200					
10:56	C2	2.650	4.000	Puno	Cuzco	4.7	13.300					
11:05	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.6	13.400			36.000		
11:12	8x4	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	7.4	13.600					
11:17	C4	0.9	1.215	puno	Puno	4.2				55.900		
11:20	8x4	17.000	31.000	Lima	Puno	6.9	21.100					

ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA

CARRETERA DE JULIACA - PUNO

VIA : Juliaca - Puno

UBICACIÓN : Ingreso Caracoto Km. 1323+500

DÍA : Domingo - Lunes

AÑO : 2017

SENTIDO : Ambos

Hora	Tipo de vehículo	Peso Bruto	Peso T. útil	Origen	Destino	Peso de eje con carga						
						E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06	E-07
						EJE SIMPLE	EJE TANDEM	EJE TRIDEM				
11:22	C4	3	4.8	Juliaca	Puno	4.9				51.000		
11:24	8x4	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	7.4	13.600					
11:31	C4	2.7	3.8	Juliaca	Puno	4				57.700		
11:55	8x4	8.484	25.000	Arequipa	Puno	7.3	20.700					
12:15	C4	3	4.8	Juliaca	Puno	4.9				51.000		
12:20	8x4	8.950	30.050	Lima	Puno	7.5	20.500					
12:34	C4	0	45	Lima	Santa Cruz	4.8				55.000		
12:38	8x4	8.950	30.050	Lima	Puno	6.7	14.300					
12:42	8x4	16.000	27.000	Lima	Puno	6.8	21.200					
12:49	T2S3	17.000	30.000	Arequipa	Puno	4.3	13.700			42.000		
12:55	C2	4.500	10.000	Puno	Tiquillaca	4.8	13.200					
01:02	T3S3	7.050	5.900	Puno	Arequipa	4.7	20.300			32.050		
01:07	C2	2.515	3.200	Puno	Paucarcolla	4.6	13.400					
01:12	C2	2.650	4.000	Puno	Cuzco	4.5	13.500					
01:15	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.4	13.600			36.000		
01:34	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.3	20.700			28.330		
01:38	B2	45.000	80.000	Desaguadero	Juliaca	4.2	13.800					
01:43	B3-1	28.000	5.000	Ilave	Juliaca	4.1	25.900					
01:49	B3-1	4.500	6.223	Puno	Totorani	7	23.000					
01:53	B2	11.180	15.820	Puno	Patallani	4.5	13.500					
01:57	T3S3	7.500	29.000	Puno	Arequipa	4.4	20.600			32.500		
02:12	B2	7.260	9.120	Puno	Juliaca	4.3	13.700					
02:17	B2	2.577	4.923	Puno	Juliaca	4.2	13.800					
02:24	T3S3	16.000	32.000	Desaguadero	Lima	3.6	21.400			41.000		
02:32	T3S2	7.185	17.309	Lima	Puno	3.7	21.300			25.185		
02:43	C2	8.110	25.000	Lima	Desaguadero	4.2	13.800					
02:45	C2	2.110	2.650	Juliaca	Puno	4.3	13.700					
02:54	C2	3.300	1.700	Juliaca	Puno	4.8	13.200					
02:59	T3S3	2.650	4.000	Arequipa	Puno	4.7	20.300			27.650		
03:06	T3S3	8.800	17.000	Arequipa	Puno	4.6	20.400			33.800		
03:14	C2	10.500	25.000	Arequipa	Puno	4.5	13.500					
03:21	B3-1	3.350	5.340	Totorani	Puno	4.4	25.600					
03:23	B2	2.557	4.923	Juliaca	Puno	4.6	13.400					
03:44	C3	2.460	5.040	Juliaca	Puno	4.5	20.500					
03:54	T3S3	8.300	25.000	Lima	Puno	4.4	20.600			33.300		
04:23	C2	8.430	30.570	Lima	Puno	4.3	13.700					
04:25	T3S2	3.000	4.800	Juliaca	Puno	4.9	20.100			21.000		
04:32	C3	3.620	4.180	Juliaca	Puno	3.9	21.100					
04:39	T3S2	9.900	29.100	Arequipa	Desaguadero	4.1	20.900			27.900		
04:43	C2	8.990	16.010	Puno	Juliaca	4.2	13.800					
04:48	T2S3	17.000	30.000	Arequipa	Puno	4.3	13.700			42.000		
04:52	C2	4.500	10.000	Puno	Tiquillaca	4.8	13.200					
04:57	8x4	2.700	3.800	Juliaca	Puno	7.1	20.900					
05:02	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.4	13.600			36.000		
05:05	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.3	20.700			28.330		
05:08	C4	8.484	25	Arequipa	Puno	4.2				63.484		
05:12	C4	3.33	5.71	Puno	Juliaca	4.5				58.330		
05:15	8x4	8.3	25	Lima	Puno	6.5	21.500					
05:23	8x4	8.43	30.57	Lima	Puno	6.6	19.430					
05:29	T2S3	11.000	14.000	Puno	Lima	4.4	13.600			36.000		
05:35	T3S3	3.330	5.710	Puno	Juliaca	4.3	20.700			28.330		
05:41	C4	2.7	3.8	Juliaca	Puno	4				57.700		
05:49	8x4	8.484	25.000	Arequipa	Puno	7.3	20.700					
05:52	8x4	6.800	18.200	Ayaviri	Puno	7.4	13.600					

D. 1.4. Datos de configuración de ejes de los camiones (clase 4 - clase 13).

Un. Tulumayo, Juliaca

PROYECTO DE TESIS

UBICACIÓN

RESPONSABLES

Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno

Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.

CLASE 4

CLASE 5

A

B

C

D

E

F

Distancia promedio entre sistema ejes

Espaciamiento entre ejes de un sistema tridem

Espaciamiento entre ejes de un sistema tandem

Presión de inflado de neumáticos

Espaciado de doble llanta

Ancho promedio de eje

7.60 m

0.00 m

1.35 m

120.0 psi

0.35 m

2.50 m

25 pies

0.0 plg

53.1 plg

120.0 psi

13.8 plg

8.2 pies

3.75 m

0.00 m

0.00 m

120.0 psi

0.35 m

2.20 m

12 pies

0.0 plg

0.0 plg

120.0 psi

13.8 plg

7.2 pies

Un. Tulumayo, Juliaca

PROYECTO DE TESIS

UBICACIÓN

RESPONSABLES

Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno

Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.

CLASE 4

CLASE 5

A

B

C

D

E

F

Distancia promedio entre sistema ejes

Espaciamiento entre ejes de un sistema tridem

Espaciamiento entre ejes de un sistema tandem

Presión de inflado de neumáticos

Espaciado de doble llanta

Ancho promedio de eje

7.60 m

0.00 m

1.35 m

120.0 psi

0.35 m

2.50 m

25 pies

0.0 plg

53.1 plg

120.0 psi

13.8 plg

8.2 pies

3.75 m

0.00 m

0.00 m

120.0 psi

0.35 m



2.20 m

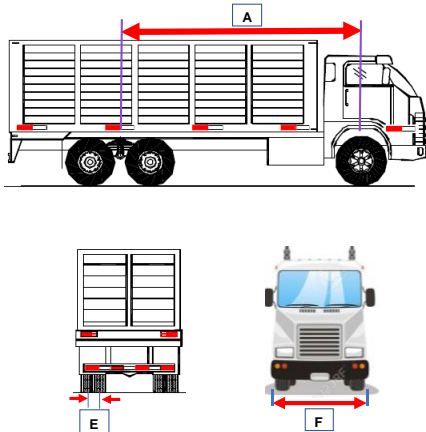
12 pies


0.0 plg


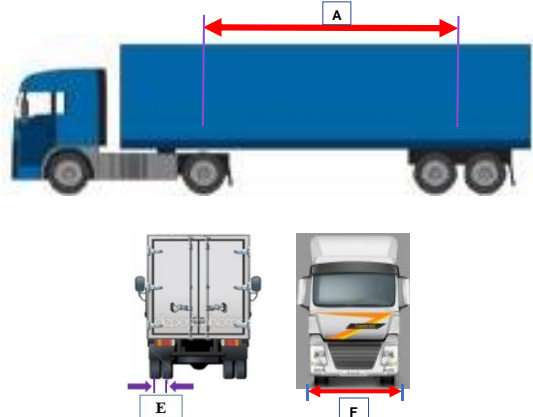
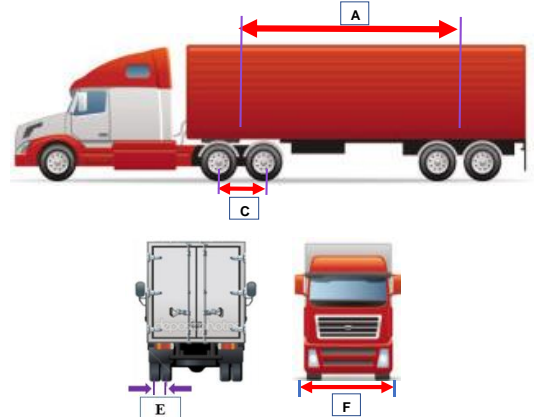
0.0 plg


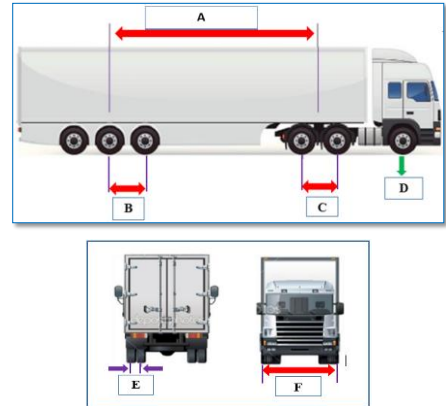
120.0 psi

		CONFIGURACION DE EJES DE LOS CAMIONES (CLASE 6 - 7)			
PROYECTO DE TESIS		Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.			
UBICACIÓN		Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.			
RESPONSABLES		Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno		Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	

CLASE 6			
			
A	Distancia promedio entre sistema ejes	5.80 m	19 pies
B	Espaciamiento entre ejes de un sistema tridem	0.00 m	0.0 plg
C	Espaciamiento entre ejes de un sistema tandem	0.00 m	0.0 plg
D	Presión de inflado de neumáticos	120.0 psi	120.0 psi
E	Espaciado de doble llanta	0.35 m	13.8 plg
F	Ancho promedio de eje	2.60 m	8.5 pies

CLASE 7			
			
A	5.90 m	19 pies	
B	0.00 m	0.0 plg	
C	0.00 m	0.0 plg	
D	120.0 psi	120.0 psi	
E	0.35 m	13.8 plg	
F	2.60 m	8.5 pies	

CONFIGURACION DE EJES DE LOS CAMIONES (CLASE 8 - 9)			
	PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
	UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.	
	RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco
CLASE 8		CLASE 9	
			
A	Distancia promedio entre sistema ejes	8.35 m	27 pies
B	Espaciamento entre ejes de un sistema tridem	0.00 m	0.0 plg
C	Espaciamento entre ejes de un sistema tandem	0.00 m	0.0 plg
D	Presión de inflado de neumáticos	120.0 psi	120.0 psi
E	Espaciado de doble llanta	0.35 m	13.8 plg
F	Ancho promedio de eje	2.60 m	8.5 pies

CONFIGURACION DE EJES DE LOS CAMIONES (CLASE 10)			
	PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
	UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.	
	RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco
CLASE 10			
			
A	Distancia promedio entre sistema ejes	8.40 m	28 pies
B	Espaciamento entre ejes de un sistema tridem	1.30 m	51.2 plg
C	Espaciamento entre ejes de un sistema tandem	1.40 m	55.1 plg
D	Presión de inflado de neumáticos	120.0 psi	120.0 psi
E	Espaciado de doble llanta	0.35 m	13.8 plg
F	Ancho promedio de eje	2.60 m	8.5 pies











DATOS DE TRÁFICO PARA LA CONFIGURACIÓN DE EJES DE CAMIONES

PROYECTO DE TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE DE LA CIUDAD DE JULIACA

TRAMO: AVENIDA CIRCUNVALACIÓN ESTE TRAMO OVALO PEDRO VILCAPAZA – AV. LAS AMERICAS (PROGRESIVA 00+000 HASTA 01+000 KM) DE LA CIUDAD DE JULIACA

DISTRITO: JULIACA

RESPONSABLES: BACH. HECTOR YONATAN HUALLPA CENTENO BACH. JHON WILLIAMS ESTRADA MOROCCO

DATOS DE ENTRADA TRAFICO		CLASE 4 Buses				CLASE 5 Camion simple, dos ejes, seis llantas		CLASE 6 Camion simple tres ejes		CLASE 7 Camion simple, cuatro o mas ejes		CLASE 8 Camion remolque simple, cuatro o menos ejes				CLASE 9 Camion remolque simple, cinco ejes				CLASE 10 Camion remolque simple, seis o mas ejes		CLASE 11 Camion remolque múltiple, cinco o menos ejes			CLASE 12 Camion remolque múltiple, seis ejes			CLASE 13 Camion remolque múltiple, siete o más ejes							
		B2	B3-1	B4-1	BA-1	C2		C3		C4	8*4	T2S1	T2S2	T2Se2	T3S1	T2S3	T2Se3	T3S2	T3Se2	T3S3	T3Se3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	C4R2	8*4R2	C3R4	C4R3	8*4R3	8*4R4	T3S2S2	T3Se2S2	T3S2S1S2	T3Se2S1S2
																																			
A	Distancia promedio entre sistema ejes	25 pies				12 pies		19 pies		19 pies		27 pies				27 pies				28 pies															
B	Espaciamento entre ejes de un sistema tridem	0.0 plg				0.0 plg		0.0 plg		0.0 plg		0.0 plg				0.0 plg				51.2 plg															
C	Espaciamento entre ejes de un sistema tandem	53.1 plg				0.0 plg		0.0 plg		0.0 plg		0.0 plg				53.1 plg				55.1 plg															
D	Presión de inflado de neumáticos	120.0 psi				120.0 psi		120.0 psi		120.0 psi		120.0 psi				120.0 psi				120.0 psi															
E	Espaciado de doble llanta	13.8 plg				13.8 plg		13.8 plg		13.8 plg		13.8 plg				13.8 plg				13.8 plg															
F	Ancho promedio de eje	8.2 pies				7.2 pies		8.5 pies		8.5 pies		8.5 pies				8.5 pies				8.5 pies															

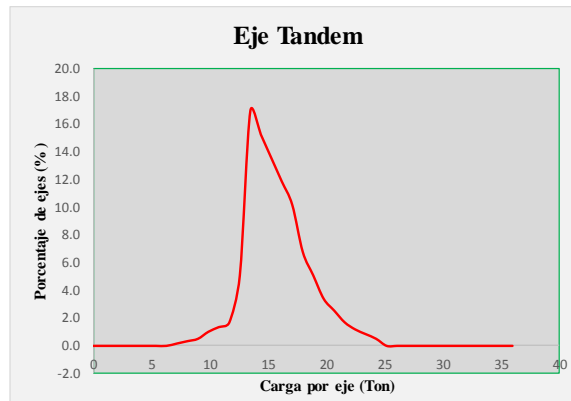
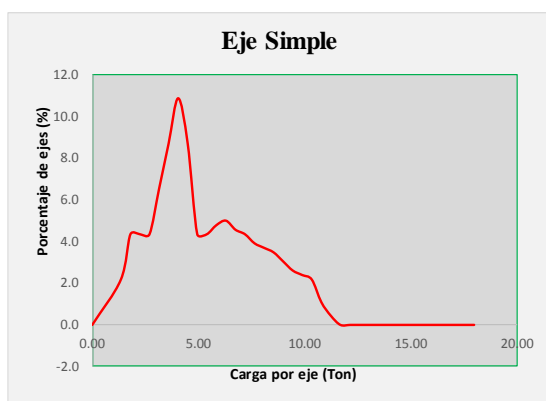
Ubicación media de las ruedas	18.0 plg	4.50 m
Desviación estándar de tránsito	10.0 plg	2.50 m
Ancho de carril	12.0 pies	3.60 m
Número de ejes por tipo de vehículo y por tipo de eje	Defecto	Defecto
Configuración de eje		

		corto	medio	largo	defecto
		12 ft	15 ft	18 ft	
A	Distancia promedio entre ejes	33%	33%	34%	
B	Espaciamento entre ejes de un sistema tridem	51.2 plg			
C	Espaciamento entre ejes de un sistema tandem	53.8 plg			
D	Presión de inflado de neumáticos	120.0 psi			
E	Espaciado de doble llanta	13.8 plg			
F	Ancho promedio de eje	8.3 pies			

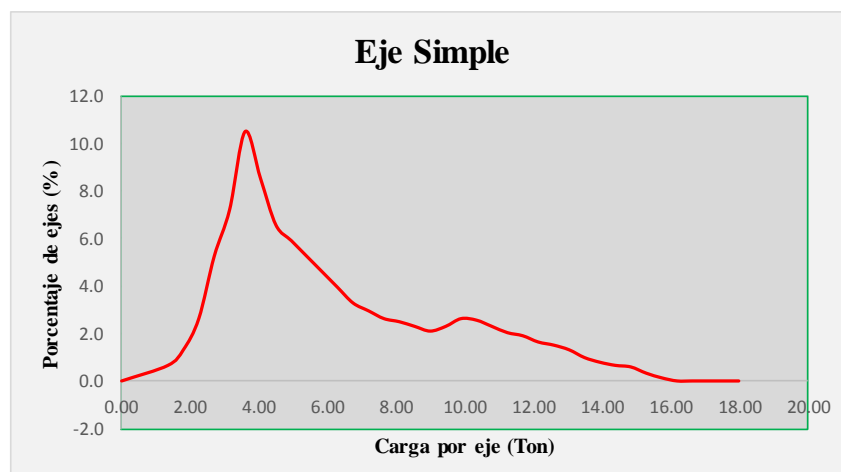
D. 1.5. Datos y gráfico de espectros de carga.

CLASE 4

Eje Simple					Eje Tandem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	-	1.35	0	0.0	0	-	2.7	0	0.0
1.35	-	1.8	77	2.2	2.7	-	3.6	0	0.0
1.8	-	2.25	154	4.3	3.6	-	4.5	0	0.0
2.25	-	2.7	154	4.3	4.5	-	5.4	0	0.0
2.7	-	3.15	154	4.3	5.4	-	6.3	0	0.0
3.15	-	3.6	231	6.5	6.3	-	7.2	0	0.0
3.6	-	4.05	308	8.7	7.2	-	8.1	6	0.2
4.05	-	4.5	385	10.8	8.1	-	9	13	0.3
4.5	-	4.95	308	8.7	9	-	9.9	19	0.5
4.95	-	5.4	154	4.3	9.9	-	10.8	38	1.0
5.4	-	5.85	154	4.3	10.8	-	11.7	50	1.4
5.85	-	6.3	170	4.8	11.7	-	12.6	63	1.7
6.3	-	6.75	177	5.0	12.6	-	13.5	188	5.1
6.75	-	7.2	162	4.6	13.5	-	14.4	627	16.9
7.2	-	7.65	154	4.3	14.4	-	15.3	564	15.3
7.65	-	8.1	139	3.9	15.3	-	16.2	501	13.6
8.1	-	8.55	131	3.7	16.2	-	17.1	439	11.9
8.55	-	9	123	3.5	17.1	-	18	376	10.2
9	-	9.45	108	3.0	18	-	18.9	251	6.8
9.45	-	9.9	92	2.6	18.9	-	19.8	188	5.1
9.9	-	10.35	85	2.4	19.8	-	20.7	125	3.4
10.35	-	10.8	77	2.2	20.7	-	21.6	94	2.5
10.8	-	11.25	39	1.1	21.6	-	22.5	63	1.7
11.25	-	11.7	15	0.4	22.5	-	23.4	44	1.2
11.7	-	12.15	0	0.0	23.4	-	24.3	31	0.8
12.15	-	12.6	0	0.0	24.3	-	25.2	19	0.5
12.6	-	13.05	0	0.0	25.2	-	26.1	0	0.0
13.05	-	13.5	0	0.0	26.1	-	27	0	0.0
13.5	-	13.95	0	0.0	27	-	27.9	0	0.0
13.95	-	14.4	0	0.0	27.9	-	28.8	0	0.0
14.4	-	14.85	0	0.0	28.8	-	29.7	0	0.0
14.85	-	15.3	0	0.0	29.7	-	30.6	0	0.0
15.3	-	15.75	0	0.0	30.6	-	31.5	0	0.0
15.75	-	16.2	0	0.0	31.5	-	32.4	0	0.0
16.2	-	16.65	0	0.0	32.4	-	33.3	0	0.0
16.65	-	17.1	0	0.0	33.3	-	34.2	0	0.0
17.1	-	17.55	0	0.0	34.2	-	35.1	0	0.0
17.55	-	18	0	0.0	35.1	-	36	0	0.0
18	-	18.45	0	0.0	36	-	36.9	0	0.0

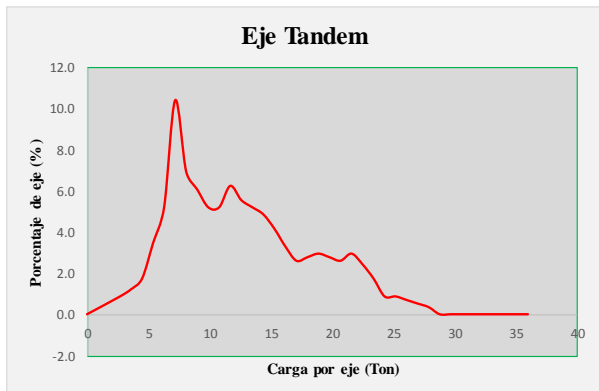
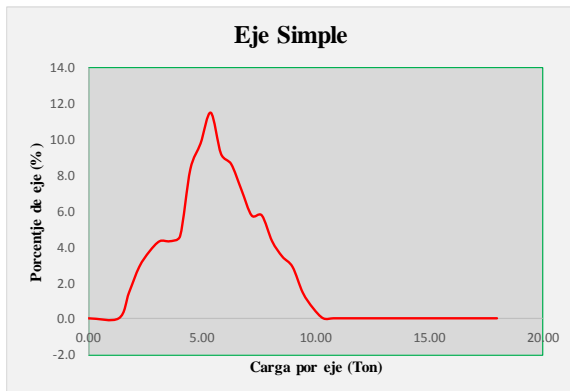


CLASE 5				
Eje Simple				
RANGO		CANTIDAS		%
0.00	-	1.35	0	0.0
1.35	-	1.8	26	0.7
1.8	-	2.25	51	1.3
2.25	-	2.7	103	2.6
2.7	-	3.15	206	5.3
3.15	-	3.6	283	7.2
3.6	-	4.05	412	10.5
4.05	-	4.5	335	8.6
4.5	-	4.95	257	6.6
4.95	-	5.4	232	5.9
5.4	-	5.85	206	5.3
5.85	-	6.3	180	4.6
6.3	-	6.75	154	3.9
6.75	-	7.2	129	3.3
7.2	-	7.65	116	3.0
7.65	-	8.1	103	2.6
8.1	-	8.55	98	2.5
8.55	-	9	90	2.3
9	-	9.45	82	2.1
9.45	-	9.9	90	2.3
9.9	-	10.35	103	2.6
10.35	-	10.8	100	2.6
10.8	-	11.25	90	2.3
11.25	-	11.7	80	2.0
11.7	-	12.15	75	1.9
12.15	-	12.6	64	1.6
12.6	-	13.05	59	1.5
13.05	-	13.5	51	1.3
13.5	-	13.95	39	1.0
13.95	-	14.4	31	0.8
14.4	-	14.85	26	0.7
14.85	-	15.3	23	0.6
15.3	-	15.75	13	0.3
15.75	-	16.2	5	0.1
16.2	-	16.65	0	0.0
16.65	-	17.1	0	0.0
17.1	-	17.55	0	0.0
17.55	-	18	0	0.0
18	-	18.45	0	0.0



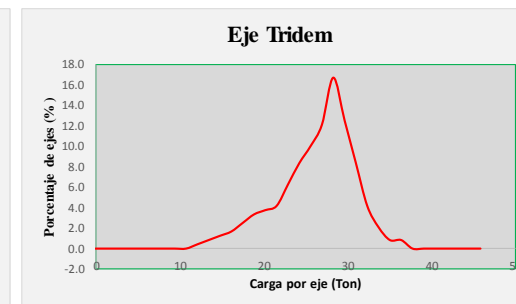
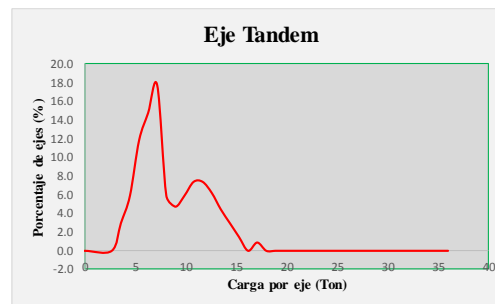
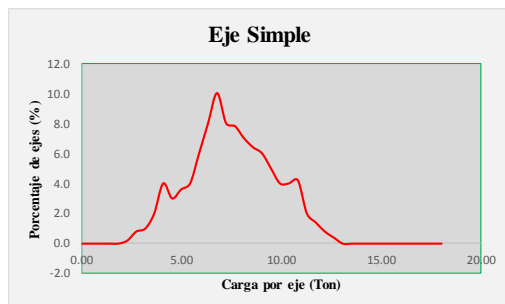
CLASE 6

Eje Simple					Eje Tandem				
RANGO			CANTIDAS	%	RANGO		CANTIDAS	%	
0.00	-	1.35	0	0.0	0	-	2.7	0	0.0
1.35	-	1.8	0	0.0	2.7	-	3.6	6	0.9
1.8	-	2.25	9	1.4	3.6	-	4.5	9	1.2
2.25	-	2.7	19	2.9	4.5	-	5.4	13	1.7
2.7	-	3.15	25	3.7	5.4	-	6.3	26	3.5
3.15	-	3.6	28	4.3	6.3	-	7.2	39	5.2
3.6	-	4.05	28	4.3	7.2	-	8.1	77	10.4
4.05	-	4.5	30	4.6	8.1	-	9	52	7.0
4.5	-	4.95	55	8.3	9	-	9.9	45	6.1
4.95	-	5.4	64	9.8	9.9	-	10.8	39	5.2
5.4	-	5.85	76	11.5	10.8	-	11.7	39	5.2
5.85	-	6.3	61	9.2	11.7	-	12.6	46	6.3
6.3	-	6.75	57	8.6	12.6	-	13.5	41	5.6
6.75	-	7.2	47	7.2	13.5	-	14.4	39	5.2
7.2	-	7.65	38	5.7	14.4	-	15.3	36	4.9
7.65	-	8.1	38	5.7	15.3	-	16.2	31	4.2
8.1	-	8.55	28	4.3	16.2	-	17.1	25	3.3
8.55	-	9	23	3.4	17.1	-	18	19	2.6
9	-	9.45	19	2.9	18	-	18.9	21	2.8
9.45	-	9.9	9	1.4	18.9	-	19.8	22	3.0
9.9	-	10.35	4	0.6	19.8	-	20.7	21	2.8
10.35	-	10.8	0	0.0	20.7	-	21.6	19	2.6
10.8	-	11.25	0	0.0	21.6	-	22.5	22	3.0
11.25	-	11.7	0	0.0	22.5	-	23.4	18	2.4
11.7	-	12.15	0	0.0	23.4	-	24.3	13	1.7
12.15	-	12.6	0	0.0	24.3	-	25.2	6	0.9
12.6	-	13.05	0	0.0	25.2	-	26.1	6	0.9
13.05	-	13.5	0	0.0	26.1	-	27	5	0.7
13.5	-	13.95	0	0.0	27	-	27.9	4	0.5
13.95	-	14.4	0	0.0	27.9	-	28.8	3	0.3
14.4	-	14.85	0	0.0	28.8	-	29.7	0	0.0
14.85	-	15.3	0	0.0	29.7	-	30.6	0	0.0
15.3	-	15.75	0	0.0	30.6	-	31.5	0	0.0
15.75	-	16.2	0	0.0	31.5	-	32.4	0	0.0
16.2	-	16.65	0	0.0	32.4	-	33.3	0	0.0
16.65	-	17.1	0	0.0	33.3	-	34.2	0	0.0
17.1	-	17.55	0	0.0	34.2	-	35.1	0	0.0
17.55	-	18	0	0.0	35.1	-	36	0	0.0
18	-	18.45	0	0.0	36	-	36.9	0	0.0



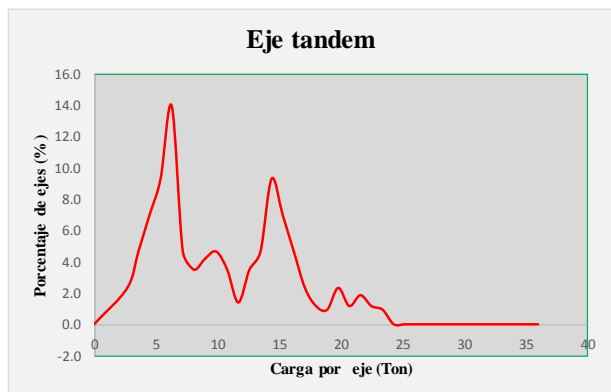
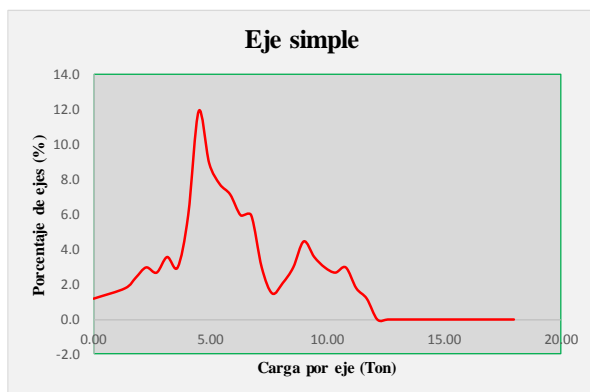
CLASE 7

Eje Simple					Eje Tandem					Eje Tridem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	-	1.35	0	0.0	0	-	2.7	0	0.0	0	-	5.4	0	0.0
1.35	-	1.8	0	0.0	2.7	-	3.6	0	0.0	5.4	-	6.75	0	0.0
1.8	-	2.25	0	0.0	3.6	-	4.5	5	2.9	6.75	-	8.1	0	0.0
2.25	-	2.7	0	0.2	4.5	-	5.4	9	5.9	8.1	-	9.45	0	0.0
2.7	-	3.15	1	0.8	5.4	-	6.3	19	11.8	9.45	-	10.8	0	0.0
3.15	-	3.6	2	1.0	6.3	-	7.2	23	14.7	10.8	-	12.15	0	0.0
3.6	-	4.05	3	2.0	7.2	-	8.1	28	17.6	12.15	-	13.5	1	0.4
4.05	-	4.5	6	4.0	8.1	-	9	9	5.9	13.5	-	14.85	1	0.8
4.5	-	4.95	5	3.0	9	-	9.9	8	4.7	14.85	-	16.2	2	1.3
4.95	-	5.4	6	3.6	9.9	-	10.8	9	5.9	16.2	-	17.55	3	1.7
5.4	-	5.85	6	4.0	10.8	-	11.7	12	7.4	17.55	-	18.9	4	2.5
5.85	-	6.3	9	6.0	11.7	-	12.6	12	7.4	18.9	-	20.25	5	3.3
6.3	-	6.75	12	8.0	12.6	-	13.5	10	6.2	20.25	-	21.6	6	3.8
6.75	-	7.2	16	10.0	13.5	-	14.4	7	4.4	21.6	-	22.95	6	4.2
7.2	-	7.65	12	8.0	14.4	-	15.3	5	2.9	22.95	-	24.3	10	6.3
7.65	-	8.1	12	7.8	15.3	-	16.2	2	1.5	24.3	-	25.65	13	8.3
8.1	-	8.55	11	7.0	16.2	-	17.1	0	0.0	25.65	-	27	16	10.0
8.55	-	9	10	6.4	17.1	-	18	1	0.9	27	-	28.35	19	12.1
9	-	9.45	9	6.0	18	-	18.9	0	0.0	28.35	-	29.7	26	16.7
9.45	-	9.9	8	5.0	18.9	-	19.8	0	0.0	29.7	-	31.05	19	12.5
9.9	-	10.35	6	4.0	19.8	-	20.7	0	0.0	31.05	-	32.4	13	8.3
10.35	-	10.8	6	4.0	20.7	-	21.6	0	0.0	32.4	-	33.75	6	4.2
10.8	-	11.25	7	4.2	21.6	-	22.5	0	0.0	33.75	-	35.1	3	2.1
11.25	-	11.7	3	2.0	22.5	-	23.4	0	0.0	35.1	-	36.45	1	0.8
11.7	-	12.15	2	1.4	23.4	-	24.3	0	0.0	36.45	-	37.8	1	0.8
12.15	-	12.6	1	0.8	24.3	-	25.2	0	0.0	37.8	-	39.15	0	0.0
12.6	-	13.05	1	0.4	25.2	-	26.1	0	0.0	39.15	-	40.5	0	0.0
13.05	-	13.5	0	0.0	26.1	-	27	0	0.0	40.5	-	41.85	0	0.0
13.5	-	13.95	0	0.0	27	-	27.9	0	0.0	41.85	-	43.2	0	0.0
13.95	-	14.4	0	0.0	27.9	-	28.8	0	0.0	43.2	-	44.55	0	0.0
14.4	-	14.85	0	0.0	28.8	-	29.7	0	0.0	44.55	-	45.9	0	0.0
14.85	-	15.3	0	0.0	29.7	-	30.6	0	0.0	45.9	-	47.25	0	0.0
15.3	-	15.75	0	0.0	30.6	-	31.5	0	0.0					
15.75	-	16.2	0	0.0	31.5	-	32.4	0	0.0					
16.2	-	16.65	0	0.0	32.4	-	33.3	0	0.0					
16.65	-	17.1	0	0.0	33.3	-	34.2	0	0.0					
17.1	-	17.55	0	0.0	34.2	-	35.1	0	0.0					
17.55	-	18	0	0.0	35.1	-	36	0	0.0					
18	-	18.45	0	0.0	36	-	36.9	0	0.0					



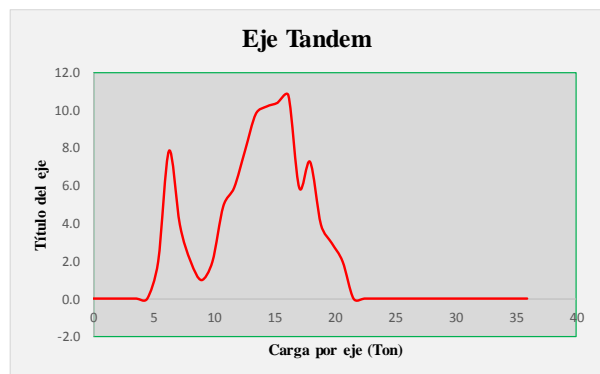
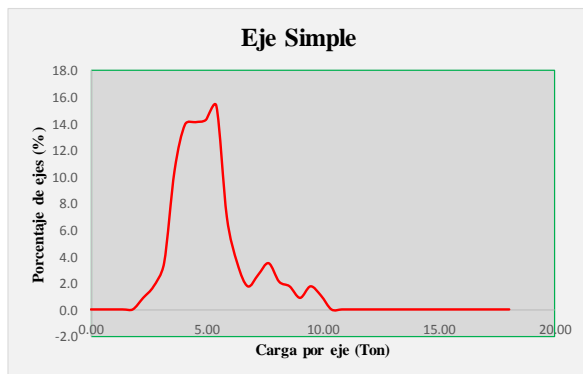
CLASE 8

Eje Simple					Eje Tandem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	—	1.35	10	1.2	0	—	2.7	0	0.0
1.35	—	1.8	15	1.8	2.7	—	3.6	12	2.3
1.8	—	2.25	20	2.4	3.6	—	4.5	25	4.7
2.25	—	2.7	25	3.0	4.5	—	5.4	37	7.0
2.7	—	3.15	22	2.7	5.4	—	6.3	49	9.3
3.15	—	3.6	30	3.6	6.3	—	7.2	74	14.0
3.6	—	4.05	25	3.0	7.2	—	8.1	25	4.7
4.05	—	4.5	49	5.9	8.1	—	9	18	3.5
4.5	—	4.95	98	11.9	9	—	9.9	22	4.2
4.95	—	5.4	74	8.9	9.9	—	10.8	25	4.7
5.4	—	5.85	64	7.7	10.8	—	11.7	18	3.5
5.85	—	6.3	59	7.1	11.7	—	12.6	7	1.4
6.3	—	6.75	49	5.9	12.6	—	13.5	18	3.5
6.75	—	7.2	49	5.9	13.5	—	14.4	25	4.7
7.2	—	7.65	25	3.0	14.4	—	15.3	49	9.3
7.65	—	8.1	12	1.5	15.3	—	16.2	37	7.0
8.1	—	8.55	17	2.1	16.2	—	17.1	25	4.7
8.55	—	9	25	3.0	17.1	—	18	12	2.3
9	—	9.45	37	4.5	18	—	18.9	6	1.2
9.45	—	9.9	30	3.6	18.9	—	19.8	5	0.9
9.9	—	10.35	25	3.0	19.8	—	20.7	12	2.3
10.35	—	10.8	22	2.7	20.7	—	21.6	6	1.2
10.8	—	11.25	25	3.0	21.6	—	22.5	10	1.9
11.25	—	11.7	15	1.8	22.5	—	23.4	6	1.2
11.7	—	12.15	10	1.2	23.4	—	24.3	5	0.9
12.15	—	12.6	0	0.0	24.3	—	25.2	0	0.0
12.6	—	13.05	0	0.0	25.2	—	26.1	0	0.0
13.05	—	13.5	0	0.0	26.1	—	27	0	0.0
13.5	—	13.95	0	0.0	27	—	27.9	0	0.0
13.95	—	14.4	0	0.0	27.9	—	28.8	0	0.0
14.4	—	14.85	0	0.0	28.8	—	29.7	0	0.0
14.85	—	15.3	0	0.0	29.7	—	30.6	0	0.0
15.3	—	15.75	0	0.0	30.6	—	31.5	0	0.0
15.75	—	16.2	0	0.0	31.5	—	32.4	0	0.0
16.2	—	16.65	0	0.0	32.4	—	33.3	0	0.0
16.65	—	17.1	0	0.0	33.3	—	34.2	0	0.0
17.1	—	17.55	0	0.0	34.2	—	35.1	0	0.0
17.55	—	18	0	0.0	35.1	—	36	0	0.0
18	—	18.45	0	0.0	36	—	36.9	0	0.0



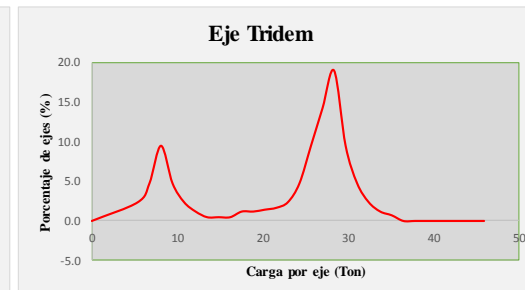
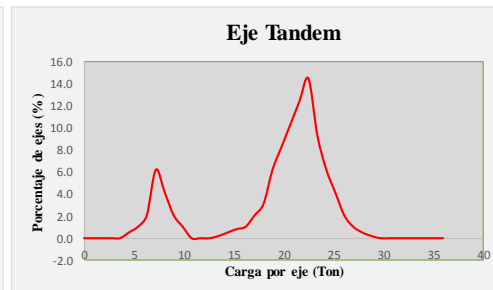
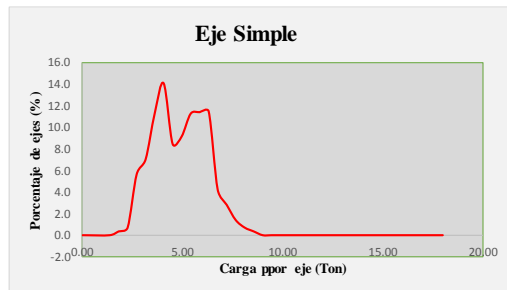
CLASE 9

Eje Simple					Eje Tandem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	—	1.35	0	0.0	0	—	2.7	0	0.0
1.35	—	1.8	0	0.0	2.7	—	3.6	0	0.0
1.8	—	2.25	0	0.0	3.6	—	4.5	0	0.0
2.25	—	2.7	6	0.9	4.5	—	5.4	0	0.0
2.7	—	3.15	12	1.7	5.4	—	6.3	27	2.0
3.15	—	3.6	25	3.5	6.3	—	7.2	108	7.8
3.6	—	4.05	74	10.5	7.2	—	8.1	54	3.9
4.05	—	4.5	99	13.9	8.1	—	9	27	2.0
4.5	—	4.95	100	14.1	9	—	9.9	13	1.0
4.95	—	5.4	101	14.3	9.9	—	10.8	27	2.0
5.4	—	5.85	109	15.3	10.8	—	11.7	67	4.9
5.85	—	6.3	49	7.0	11.7	—	12.6	81	5.9
6.3	—	6.75	25	3.5	12.6	—	13.5	108	7.8
6.75	—	7.2	12	1.7	13.5	—	14.4	135	9.8
7.2	—	7.65	19	2.6	14.4	—	15.3	140	10.2
7.65	—	8.1	25	3.5	15.3	—	16.2	143	10.4
8.1	—	8.55	15	2.1	16.2	—	17.1	148	10.7
8.55	—	9	12	1.7	17.1	—	18	81	5.9
9	—	9.45	6	0.9	18	—	18.9	100	7.2
9.45	—	9.9	12	1.7	18.9	—	19.8	54	3.9
9.9	—	10.35	7	1.0	19.8	—	20.7	40	2.9
10.35	—	10.8	0	0.0	20.7	—	21.6	27	2.0
10.8	—	11.25	0	0.0	21.6	—	22.5	0	0.0
11.25	—	11.7	0	0.0	22.5	—	23.4	0	0.0
11.7	—	12.15	0	0.0	23.4	—	24.3	0	0.0
12.15	—	12.6	0	0.0	24.3	—	25.2	0	0.0
12.6	—	13.05	0	0.0	25.2	—	26.1	0	0.0
13.05	—	13.5	0	0.0	26.1	—	27	0	0.0
13.5	—	13.95	0	0.0	27	—	27.9	0	0.0
13.95	—	14.4	0	0.0	27.9	—	28.8	0	0.0
14.4	—	14.85	0	0.0	28.8	—	29.7	0	0.0
14.85	—	15.3	0	0.0	29.7	—	30.6	0	0.0
15.3	—	15.75	0	0.0	30.6	—	31.5	0	0.0
15.75	—	16.2	0	0.0	31.5	—	32.4	0	0.0
16.2	—	16.65	0	0.0	32.4	—	33.3	0	0.0
16.65	—	17.1	0	0.0	33.3	—	34.2	0	0.0
17.1	—	17.55	0	0.0	34.2	—	35.1	0	0.0
17.55	—	18	0	0.0	35.1	—	36	0	0.0
18	—	18.45	0	0.0	36	—	36.9	0	0.0



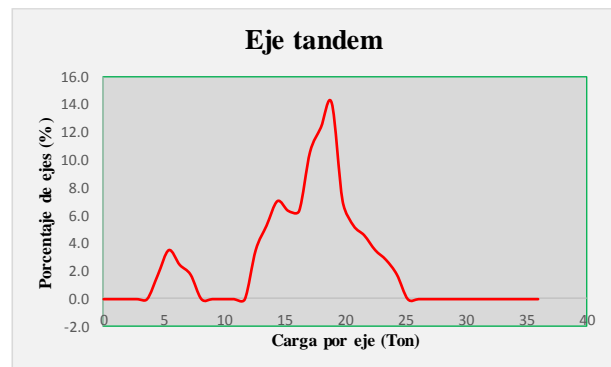
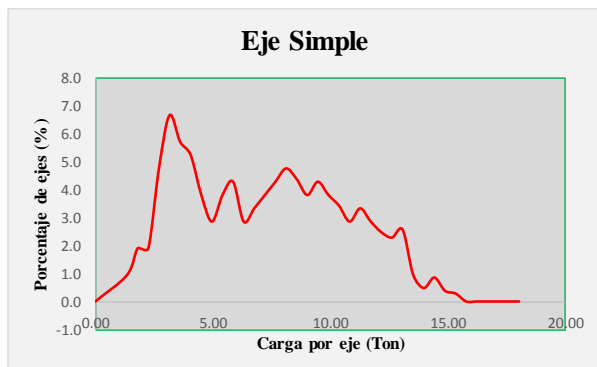
CLASE 10

Eje Simple					Eje Tandem					Eje Tridem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	—	1.35	0	0.0	0	—	2.7	0	0.0	0	—	5.4	0	0.0
1.35	—	1.8	0	0.0	2.7	—	3.6	0	0.0	5.4	—	6.75	27	2.4
1.8	—	2.25	4	0.4	3.6	—	4.5	0	0.0	6.75	—	8.1	54	4.7
2.25	—	2.7	8	0.7	4.5	—	5.4	8	0.5	8.1	—	9.45	109	9.5
2.7	—	3.15	67	5.6	5.4	—	6.3	15	1.0	9.45	—	10.8	54	4.7
3.15	—	3.6	83	7.0	6.3	—	7.2	31	2.1	10.8	—	12.15	27	2.4
3.6	—	4.05	133	11.2	7.2	—	8.1	93	6.2	12.15	—	13.5	14	1.2
4.05	—	4.5	166	14.0	8.1	—	9	62	4.1	13.5	—	14.85	5	0.5
4.5	—	4.95	100	8.4	9	—	9.9	31	2.1	14.85	—	16.2	5	0.5
4.95	—	5.4	108	9.1	9.9	—	10.8	15	1.0	16.2	—	17.55	5	0.5
5.4	—	5.85	133	11.2	10.8	—	11.7	0	0.0	17.55	—	18.9	14	1.2
5.85	—	6.3	135	11.4	11.7	—	12.6	0	0.0	18.9	—	20.25	14	1.2
6.3	—	6.75	136	11.4	12.6	—	13.5	0	0.0	20.25	—	21.6	16	1.4
6.75	—	7.2	50	4.2	13.5	—	14.4	3	0.2	21.6	—	22.95	19	1.7
7.2	—	7.65	33	2.8	14.4	—	15.3	8	0.5	22.95	—	24.3	27	2.4
7.65	—	8.1	17	1.4	15.3	—	16.2	12	0.8	24.3	—	25.65	54	4.7
8.1	—	8.55	8	0.7	16.2	—	17.1	15	1.0	25.65	—	27	109	9.5
8.55	—	9	4	0.4	17.1	—	18	31	2.1	27	—	28.35	163	14.2
9	—	9.45	0	0.0	18	—	18.9	46	3.1	28.35	—	29.7	217	19.0
9.45	—	9.9	0	0.0	18.9	—	19.8	93	6.2	29.7	—	31.05	109	9.5
9.9	—	10.35	0	0.0	19.8	—	20.7	123	8.3	31.05	—	32.4	54	4.7
10.35	—	10.8	0	0.0	20.7	—	21.6	154	10.3	32.4	—	33.75	27	2.4
10.8	—	11.25	0	0.0	21.6	—	22.5	185	12.4	33.75	—	35.1	14	1.2
11.25	—	11.7	0	0.0	22.5	—	23.4	216	14.5	35.1	—	36.45	8	0.7
11.7	—	12.15	0	0.0	23.4	—	24.3	139	9.3	36.45	—	37.8	0	0.0
12.15	—	12.6	0	0.0	24.3	—	25.2	93	6.2	37.8	—	39.15	0	0.0
12.6	—	13.05	0	0.0	25.2	—	26.1	62	4.1	39.15	—	40.5	0	0.0
13.05	—	13.5	0	0.0	26.1	—	27	31	2.1	40.5	—	41.85	0	0.0
13.5	—	13.95	0	0.0	27	—	27.9	15	1.0	41.85	—	43.2	0	0.0
13.95	—	14.4	0	0.0	27.9	—	28.8	8	0.5	43.2	—	44.55	0	0.0
14.4	—	14.85	0	0.0	28.8	—	29.7	3	0.2	44.55	—	45.9	0	0.0
14.85	—	15.3	0	0.0	29.7	—	30.6	0	0.0	45.9	—	47.25	0	0.0
15.3	—	15.75	0	0.0	30.6	—	31.5	0	0.0					
15.75	—	16.2	0	0.0	31.5	—	32.4	0	0.0					
16.2	—	16.65	0	0.0	32.4	—	33.3	0	0.0					
16.65	—	17.1	0	0.0	33.3	—	34.2	0	0.0					
17.1	—	17.55	0	0.0	34.2	—	35.1	0	0.0					
17.55	—	18	0	0.0	35.1	—	36	0	0.0					
18	—	18.45	0	0.0	36	—	36.9	0	0.0					



CLASE 11

Eje Simple					Eje Tandem				
RANGO		CANTIDAS		%	RANGO		CANTIDAS		%
0.00	—	1.35	0	0.0	0	—	2.7	0	0.0
1.35	—	1.8	6	1.0	2.7	—	3.6	0	0.0
1.8	—	2.25	12	1.9	3.6	—	4.5	0	0.0
2.25	—	2.7	12	1.9	4.5	—	5.4	2	1.8
2.7	—	3.15	30	4.8	5.4	—	6.3	4	3.5
3.15	—	3.6	41	6.7	6.3	—	7.2	3	2.5
3.6	—	4.05	36	5.7	7.2	—	8.1	2	1.8
4.05	—	4.5	33	5.2	8.1	—	9	0	0.0
4.5	—	4.95	24	3.8	9	—	9.9	0	0.0
4.95	—	5.4	18	2.9	9.9	—	10.8	0	0.0
5.4	—	5.85	24	3.8	10.8	—	11.7	0	0.0
5.85	—	6.3	27	4.3	11.7	—	12.6	0	0.0
6.3	—	6.75	18	2.9	12.6	—	13.5	4	3.5
6.75	—	7.2	21	3.3	13.5	—	14.4	7	5.3
7.2	—	7.65	24	3.8	14.4	—	15.3	9	7.0
7.65	—	8.1	27	4.3	15.3	—	16.2	8	6.3
8.1	—	8.55	30	4.8	16.2	—	17.1	8	6.3
8.55	—	9	27	4.4	17.1	—	18	13	10.6
9	—	9.45	24	3.8	18	—	18.9	16	12.3
9.45	—	9.9	27	4.3	18.9	—	19.8	18	14.1
9.9	—	10.35	24	3.8	19.8	—	20.7	9	7.0
10.35	—	10.8	21	3.4	20.7	—	21.6	7	5.3
10.8	—	11.25	18	2.9	21.6	—	22.5	6	4.6
11.25	—	11.7	21	3.3	22.5	—	23.4	4	3.5
11.7	—	12.15	18	2.9	23.4	—	24.3	4	2.8
12.15	—	12.6	15	2.5	24.3	—	25.2	2	1.8
12.6	—	13.05	14	2.3	25.2	—	26.1	0	0.0
13.05	—	13.5	16	2.6	26.1	—	27	0	0.0
13.5	—	13.95	6	1.0	27	—	27.9	0	0.0
13.95	—	14.4	3	0.5	27.9	—	28.8	0	0.0
14.4	—	14.85	5	0.9	28.8	—	29.7	0	0.0
14.85	—	15.3	2	0.4	29.7	—	30.6	0	0.0
15.3	—	15.75	2	0.3	30.6	—	31.5	0	0.0
15.75	—	16.2	0	0.0	31.5	—	32.4	0	0.0
16.2	—	16.65	0	0.0	32.4	—	33.3	0	0.0
16.65	—	17.1	0	0.0	33.3	—	34.2	0	0.0
17.1	—	17.55	0	0.0	34.2	—	35.1	0	0.0
17.55	—	18	0	0.0	35.1	—	36	0	0.0
18	—	18.45	0	0.0	36	—	36.9	0	0.0

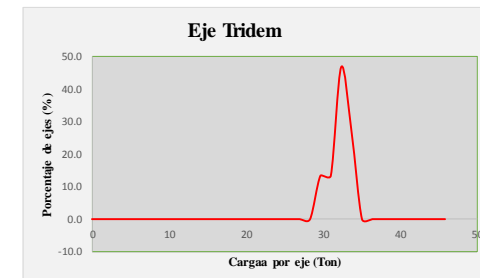
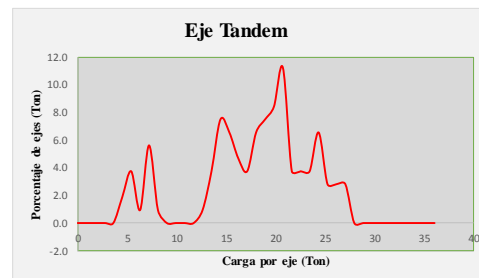
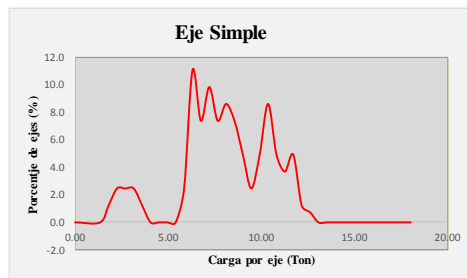


CLASE 12

Eje Simple				
RANGO		CANTIDAS	%	
0.00	-	1.35	0	0.0
1.35	-	1.8	0	0.0
1.8	-	2.25	13	1.2
2.25	-	2.7	26	2.5
2.7	-	3.15	26	2.5
3.15	-	3.6	26	2.5
3.6	-	4.05	13	1.2
4.05	-	4.5	0	0.0
4.5	-	4.95	0	0.0
4.95	-	5.4	0	0.0
5.4	-	5.85	0	0.0
5.85	-	6.3	26	2.5
6.3	-	6.75	118	11.0
6.75	-	7.2	78	7.4
7.2	-	7.65	105	9.8
7.65	-	8.1	78	7.4
8.1	-	8.55	92	8.6
8.55	-	9	78	7.4
9	-	9.45	52	4.9
9.45	-	9.9	26	2.5
9.9	-	10.35	52	4.9
10.35	-	10.8	92	8.6
10.8	-	11.25	52	4.9
11.25	-	11.7	39	3.7
11.7	-	12.15	52	4.9
12.15	-	12.6	13	1.2
12.6	-	13.05	8	0.7
13.05	-	13.5	0	0.0
13.5	-	13.95	0	0.0
13.95	-	14.4	0	0.0
14.4	-	14.85	0	0.0
14.85	-	15.3	0	0.0
15.3	-	15.75	0	0.0
15.75	-	16.2	0	0.0
16.2	-	16.65	0	0.0
16.65	-	17.1	0	0.0
17.1	-	17.55	0	0.0
17.55	-	18	0	0.0
18	-	18.45	0	0.0

Eje Tandem				
RANGO			CANTIDAS	%
0	-	2.7	0	0.0
2.7	-	3.6	0	0.0
3.6	-	4.5	0	0.0
4.5	-	5.4	29	1.9
5.4	-	6.3	57	3.7
6.3	-	7.2	14	0.9
7.2	-	8.1	86	5.6
8.1	-	9	14	0.9
9	-	9.9	0	0.0
9.9	-	10.8	0	0.0
10.8	-	11.7	0	0.0
11.7	-	12.6	0	0.0
12.6	-	13.5	14	0.9
13.5	-	14.4	57	3.7
14.4	-	15.3	114	7.5
15.3	-	16.2	100	6.5
16.2	-	17.1	71	4.7
17.1	-	18	57	3.7
18	-	18.9	100	6.5
18.9	-	19.8	114	7.5
19.8	-	20.7	129	8.4
20.7	-	21.6	171	11.2
21.6	-	22.5	57	3.7
22.5	-	23.4	57	3.7
23.4	-	24.3	57	3.7
24.3	-	25.2	100	6.5
25.2	-	26.1	43	2.8
26.1	-	27	43	2.8
27	-	27.9	43	2.8
27.9	-	28.8	0	0.0
28.8	-	29.7	0	0.0
29.7	-	30.6	0	0.0
30.6	-	31.5	0	0.0
31.5	-	32.4	0	0.0
32.4	-	33.3	0	0.0
33.3	-	34.2	0	0.0
34.2	-	35.1	0	0.0
35.1	-	36	0	0.0
36	-	36.9	0	0.0

Eje Tridem					
	RANGO		CANTIDAS	%	
	0	-	5.4	0	0.0
	5.4	-	6.75	0	0.0
	6.75	-	8.1	0	0.0
	8.1	-	9.45	0	0.0
	9.45	-	10.8	0	0.0
	10.8	-	12.15	0	0.0
	12.15	-	13.5	0	0.0
	13.5	-	14.85	0	0.0
	14.85	-	16.2	0	0.0
	16.2	-	17.55	0	0.0
	17.55	-	18.9	0	0.0
	18.9	-	20.25	0	0.0
	20.25	-	21.6	0	0.0
	21.6	-	22.95	0	0.0
	22.95	-	24.3	0	0.0
	24.3	-	25.65	0	0.0
	25.65	-	27	0	0.0
	27	-	28.35	0	0.0
	28.35	-	29.7	0	0.0
	29.7	-	31.05	38	13.3
	31.05	-	32.4	38	13.3
	32.4	-	33.75	135	46.7
	33.75	-	35.1	77	26.7
	35.1	-	36.45	0	0.0
	36.45	-	37.8	0	0.0
	37.8	-	39.15	0	0.0
	39.15	-	40.5	0	0.0
	40.5	-	41.85	0	0.0
	41.85	-	43.2	0	0.0
	43.2	-	44.55	0	0.0
	44.55	-	45.9	0	0.0
	45.9	-	47.25	0	0.0
				288.47	



CLASE 13

Eje Simple

RANGO		CANTIDAS	%
0.00	—	1.35	0
1.35	—	1.8	0
1.8	—	2.25	0
2.25	—	2.7	0
2.7	—	3.15	0
3.15	—	3.6	0
3.6	—	4.05	0
4.05	—	4.5	0
4.5	—	4.95	0
4.95	—	5.4	0
5.4	—	5.85	0
5.85	—	6.3	0
6.3	—	6.75	0
6.75	—	7.2	0
7.2	—	7.65	0
7.65	—	8.1	0
8.1	—	8.55	0
8.55	—	9	1
9	—	9.45	0
9.45	—	9.9	0
9.9	—	10.35	1
10.35	—	10.8	0
10.8	—	11.25	0
11.25	—	11.7	0
11.7	—	12.15	0
12.15	—	12.6	0
12.6	—	13.05	0
13.05	—	13.5	0
13.5	—	13.95	0
13.95	—	14.4	0
14.4	—	14.85	0
14.85	—	15.3	0
15.3	—	15.75	0
15.75	—	16.2	0
16.2	—	16.65	0
16.65	—	17.1	0
17.1	—	17.55	0
17.55	—	18	0
18	—	18.45	0

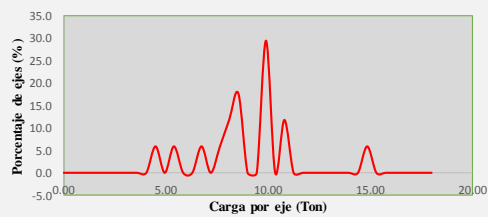
Eje Tandem

RANGO		CANTIDAS	%
0	—	2.7	0
2.7	—	3.6	0
3.6	—	4.5	0
4.5	—	5.4	0
5.4	—	6.3	0
6.3	—	7.2	0
7.2	—	8.1	0
8.1	—	9	0
9	—	9.9	0
9.9	—	10.8	0
10.8	—	11.7	0
11.7	—	12.6	0
12.6	—	13.5	0
13.5	—	14.4	0
14.4	—	15.3	0
15.3	—	16.2	0
16.2	—	17.1	0
17.1	—	18	1
18	—	18.9	0
18.9	—	19.8	1
19.8	—	20.7	1
20.7	—	21.6	0
21.6	—	22.5	0
22.5	—	23.4	0
23.4	—	24.3	1
24.3	—	25.2	0
25.2	—	26.1	0
26.1	—	27	0
27	—	27.9	0
27.9	—	28.8	0
28.8	—	29.7	0
29.7	—	30.6	0
30.6	—	31.5	0
31.5	—	32.4	0
32.4	—	33.3	0
33.3	—	34.2	0
34.2	—	35.1	0
35.1	—	36	0
36	—	36.9	0

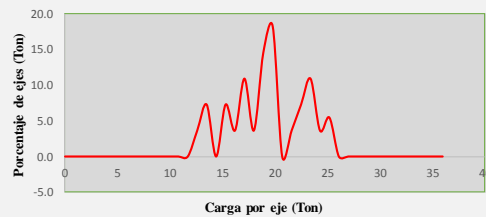
Eje Tridem

RANGO		CANTIDAS	%
0	—	5.4	0
5.4	—	6.75	0
6.75	—	8.1	0
8.1	—	9.45	0
9.45	—	10.8	0
10.8	—	12.15	0
12.15	—	13.5	0
13.5	—	14.85	0
14.85	—	16.2	0
16.2	—	17.55	0
17.55	—	18.9	0
18.9	—	20.25	0
20.25	—	21.6	0
21.6	—	22.95	0
22.95	—	24.3	0
24.3	—	25.65	0
25.65	—	27	0
27	—	28.35	2
28.35	—	29.7	0
29.7	—	31.05	1
31.05	—	32.4	1
32.4	—	33.75	2
33.75	—	35.1	1
35.1	—	36.45	0
36.45	—	37.8	0
37.8	—	39.15	0
39.15	—	40.5	0
40.5	—	41.85	0
41.85	—	43.2	0
43.2	—	44.55	0
44.55	—	45.9	0
45.9	—	47.25	0

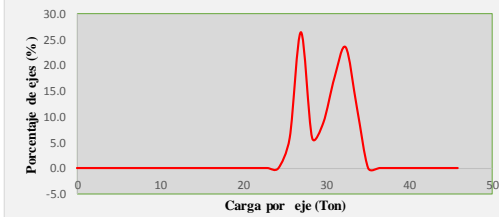
Eje Simple



Eje Tandem



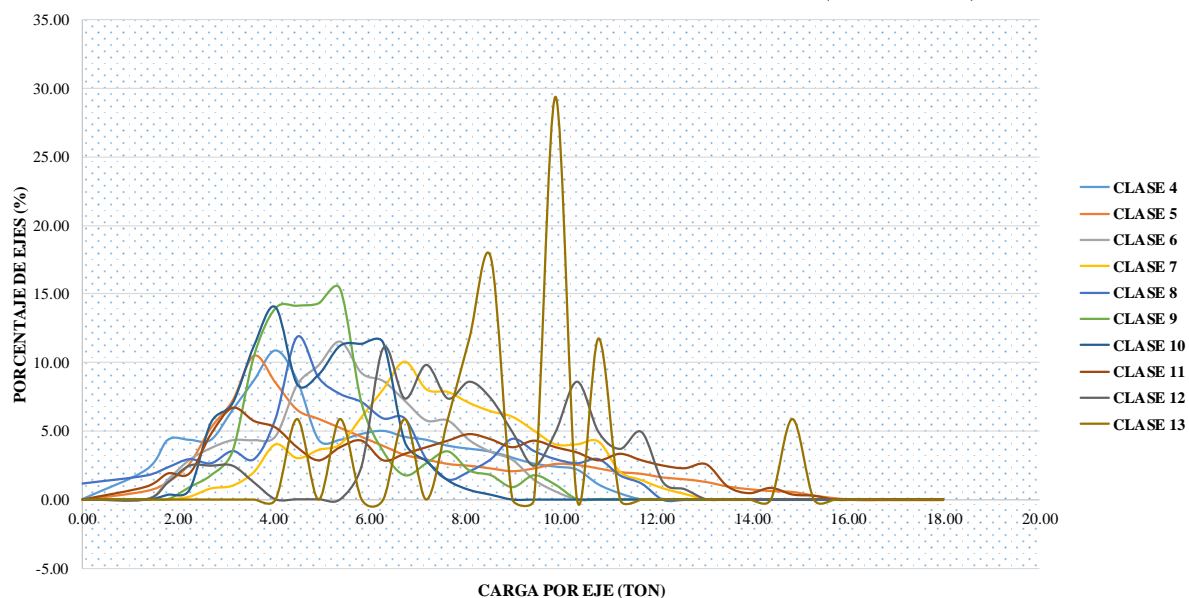
Eje Tridem



COMPARACIÓN DE ESTECTROS DE CARGA MEPDG (EJE SIMPLE)

RANGO		CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13
0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.35	1.80	2.17	0.66	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
1.80	2.25	4.34	1.32	1.44	0.00	2.37	0.00	0.35	1.90	1.23	0.00
2.25	2.70	4.34	2.63	2.87	0.20	2.97	0.87	0.70	1.90	2.45	0.00
2.70	3.15	4.34	5.26	3.74	0.80	2.67	1.74	5.61	4.76	2.45	0.00
3.15	3.60	6.51	7.24	4.31	1.00	3.56	3.48	7.02	6.67	2.45	0.00
3.60	4.05	8.68	10.53	4.31	2.01	2.97	10.45	11.23	5.71	1.23	0.00
4.05	4.50	10.85	8.55	4.60	4.02	5.93	13.94	14.04	5.24	0.00	0.00
4.50	4.95	8.68	6.58	8.33	3.01	11.87	14.11	8.42	3.81	0.00	5.88
4.95	5.40	4.34	5.92	9.77	3.61	8.90	14.29	9.12	2.86	0.00	0.00
5.40	5.85	4.34	5.26	11.49	4.02	7.72	15.33	11.23	3.81	0.00	5.88
5.85	6.30	4.77	4.61	9.20	6.02	7.12	6.97	11.37	4.29	2.45	0.00
6.30	6.75	4.99	3.95	8.62	8.03	5.93	3.48	11.44	2.86	11.03	0.00
6.75	7.20	4.56	3.29	7.18	10.04	5.93	1.74	4.21	3.33	7.35	5.88
7.20	7.65	4.34	2.96	5.75	8.03	2.97	2.61	2.81	3.81	9.80	0.00
7.65	8.10	3.90	2.63	5.75	7.83	1.48	3.48	1.40	4.29	7.35	5.88
8.10	8.55	3.69	2.50	4.31	7.03	2.08	2.09	0.70	4.76	8.58	11.76
8.55	9.00	3.47	2.30	3.45	6.43	2.97	1.74	0.35	4.38	7.35	17.65
9.00	9.45	3.04	2.11	2.87	6.02	4.45	0.87	0.00	3.81	4.90	0.00
9.45	9.90	2.60	2.30	1.44	5.02	3.56	1.74	0.00	4.29	2.45	0.00
9.90	10.35	2.39	2.63	0.57	4.02	2.97	1.05	0.00	3.81	4.90	29.41
10.35	10.80	2.17	2.57	0.00	4.02	2.67	0.00	0.00	3.43	8.58	0.00
10.80	11.25	1.08	2.30	0.00	4.22	2.97	0.00	0.00	2.86	4.90	11.76
11.25	11.70	0.43	2.04	0.00	2.01	1.78	0.00	0.00	3.33	3.68	0.00
11.70	12.15	0.00	1.91	0.00	1.41	1.19	0.00	0.00	2.86	4.90	0.00
12.15	12.60	0.00	1.64	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	2.48	1.23	0.00
12.60	13.05	0.00	1.51	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	2.29	0.74	0.00
13.05	13.50	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.57	0.00	0.00
13.50	13.95	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00
13.95	14.40	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00
14.40	14.85	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00
14.85	15.30	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	5.88
15.30	15.75	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00
15.75	16.20	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.20	16.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.65	17.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.10	17.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.55	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.00	18.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

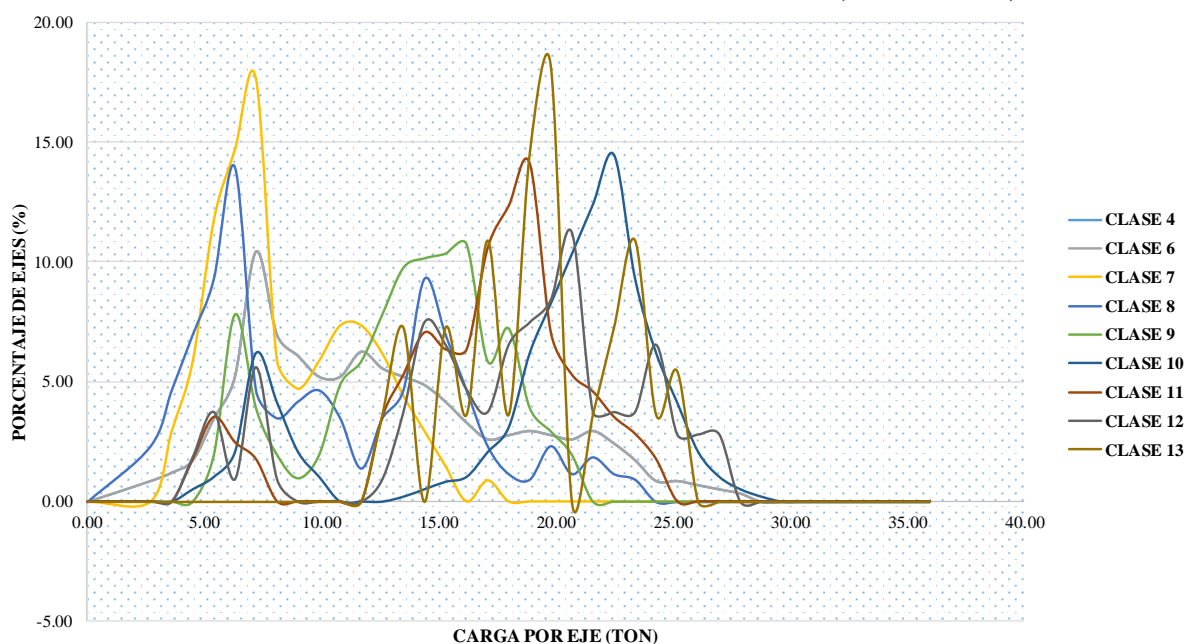
COMPARACIÓN DE ESTECTROS DE CARGA MEPDG (EJE SIMPLE)



COMPARACIÓN DE ESTECTROS DE CARGA MEPDG (EJE TANDEM)

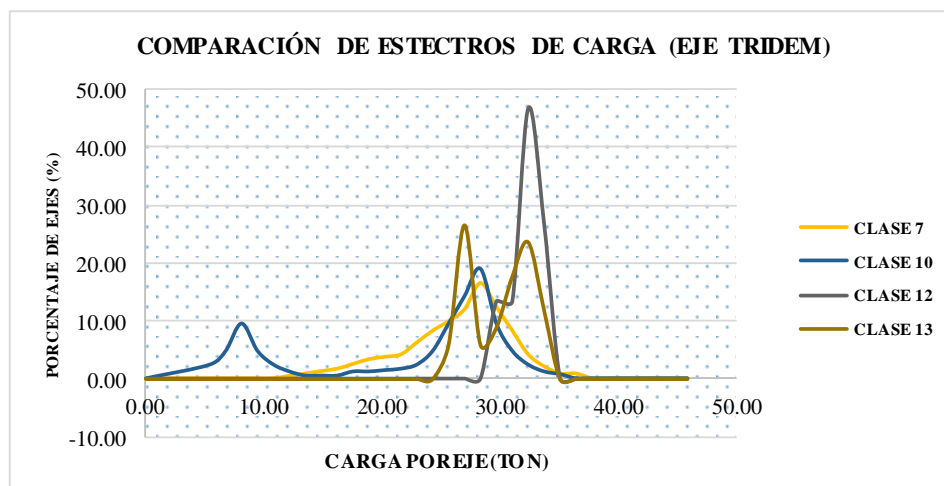
RANGO		CLASE 4	CLASE 6	CLASE 7	CLASE 8	CLASE 9	CLASE 10	CLASE 11	CLASE 12	CLASE 13
0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.70	3.60	0.87	0.87	0.00	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.60	4.50	1.22	1.22	2.94	4.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	5.40	1.74	1.74	5.88	6.98	0.00	0.52	1.76	1.87	0.00
5.40	6.30	3.48	3.48	11.76	9.30	1.95	1.03	3.52	3.74	0.00
6.30	7.20	5.22	5.22	14.71	13.95	7.81	2.07	2.46	0.93	0.00
7.20	8.10	10.43	10.43	17.65	4.65	3.91	6.20	1.76	5.61	0.00
8.10	9.00	6.96	6.96	5.88	3.49	1.95	4.14	0.00	0.93	0.00
9.00	9.90	6.09	6.09	4.71	4.19	0.98	2.07	0.00	0.00	0.00
9.90	10.80	5.22	5.22	5.88	4.65	1.95	1.03	0.00	0.00	0.00
10.80	11.70	5.22	5.22	7.35	3.49	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00
11.70	12.60	6.26	6.26	7.35	1.40	5.86	0.00	0.00	0.00	0.00
12.60	13.50	5.57	5.57	6.18	3.49	7.81	0.00	3.52	0.93	3.64
13.50	14.40	5.22	5.22	4.41	4.65	9.77	0.21	5.28	3.74	7.27
14.40	15.30	4.87	4.87	2.94	9.30	10.16	0.52	7.04	7.48	0.00
15.30	16.20	4.17	4.17	1.47	6.98	10.35	0.83	6.34	6.54	7.27
16.20	17.10	3.30	3.30	0.00	4.65	10.74	1.03	6.34	4.67	3.64
17.10	18.00	2.61	2.61	0.88	2.33	5.86	2.07	10.56	3.74	10.91
18.00	18.90	2.78	2.78	0.00	1.16	7.23	3.10	12.32	6.54	3.64
18.90	19.80	2.96	2.96	0.00	0.93	3.91	6.20	14.08	7.48	14.55
19.80	20.70	2.78	2.78	0.00	2.33	2.93	8.27	7.04	8.41	18.18
20.70	21.60	2.61	2.61	0.00	1.16	1.95	10.34	5.28	11.21	0.00
21.60	22.50	2.96	2.96	0.00	1.86	0.00	12.41	4.58	3.74	3.64
22.50	23.40	2.43	2.43	0.00	1.16	0.00	14.48	3.52	3.74	7.27
23.40	24.30	1.74	1.74	0.00	0.93	0.00	9.31	2.82	3.74	10.91
24.30	25.20	0.87	0.87	0.00	0.00	0.00	6.20	1.76	6.54	3.64
25.20	26.10	0.87	0.87	0.00	0.00	0.00	4.14	0.00	2.80	5.45
26.10	27.00	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	2.80	0.00
27.00	27.90	0.52	0.52	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	2.80	0.00
27.90	28.80	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00
28.80	29.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
29.70	30.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30.60	31.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31.50	32.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32.40	33.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33.30	34.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34.20	35.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35.10	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36.00	36.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

COMPARACIÓN DE ESTECTROS DE CARGA MEPDG (EJE TANDEM)



COMPARACIÓN DE ESTECTROS DE CARGA MEPDG (EJE TRIDEM)

RANGO		CLASE7	CLASE10	CLASE12	CLASE13
0.00	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
5.40	6.75	0.00	2.37	0.00	0.00
6.75	8.10	0.00	4.74	0.00	0.00
8.10	9.45	0.00	9.48	0.00	0.00
9.45	10.80	0.00	4.74	0.00	0.00
10.80	12.15	0.00	2.37	0.00	0.00
12.15	13.50	0.42	1.18	0.00	0.00
13.50	14.85	0.83	0.47	0.00	0.00
14.85	16.20	1.25	0.47	0.00	0.00
16.20	17.55	1.67	0.47	0.00	0.00
17.55	18.90	2.50	1.18	0.00	0.00
18.90	20.25	3.33	1.18	0.00	0.00
20.25	21.60	3.75	1.42	0.00	0.00
21.60	22.95	4.17	1.66	0.00	0.00
22.95	24.30	6.25	2.37	0.00	0.00
24.30	25.65	8.33	4.74	0.00	0.00
25.65	27.00	10.00	9.48	0.00	5.88
27.00	28.35	12.08	14.22	0.00	26.47
28.35	29.70	16.67	18.96	0.00	5.88
29.70	31.05	12.50	9.48	13.33	8.82
31.05	32.40	8.33	4.74	13.33	17.65
32.40	33.75	4.17	2.37	46.67	23.53
33.75	35.10	2.08	1.18	26.67	11.76
35.10	36.45	0.83	0.71	0.00	0.00
36.45	37.80	0.83	0.00	0.00	0.00
37.80	39.15	0.00	0.00	0.00	0.00
39.15	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
40.50	41.85	0.00	0.00	0.00	0.00
41.85	43.20	0.00	0.00	0.00	0.00
43.20	44.55	0.00	0.00	0.00	0.00
44.55	45.90	0.00	0.00	0.00	0.00
45.90	47.25	0.00	0.00	0.00	0.00



D. 1.6. Datos para generar espectros de carga – Eje Simple, Tándem y Tridem (Digital).

D. 2. Datos de clima

D. 2.1. Clima Juliaca-DZ.13 (Digital).

D. 3. Memoria de cálculo para el diseño de pavimento flexible método MEPDG-Nivel 1

Project: TESIS.dgp

General Information

Design Life **20 years**
 Pavement construction month: **November, 2019**
 Traffic open month: **January, 2020**

 Type of design **Flexible**

Description:

Diseño de un pavimento flexible para el tramo Óvalo pedro vilcapaza - Av. las américas (00+000 - 01+000 km) de la Avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca.

Analysis Parameters

Analysis type **Probabilistic**

Performance Criteria

	Limit	Reliability
Initial IRI (in/mi)	63	
Terminal IRI (in/mi)	200	90
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/500):	200	90
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (ft ² /500 ft):	370	90
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/500):	80	90
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.30	90
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90

Default Input Level

Default input level **Level 1, Values of the area and research site.**

Traffic

Two-way average annual daily truck traffic: **2810**
 Number of lanes in design direction: **2**
 Percent of trucks in design direction (%): **55**
 Percent of trucks in design lane (%): **80**
 Operational speed (mph): **51**

Traffic -- Monthly Adjustment Factors

Monthly Adjustment Factors (Level 1, Site Specific - MAF)

Month	Vehicle Class									
	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13
January	1.02	1.02	1.02	0.98	1.01	0.97	0.96	0.97	0.96	0.67
February	1.29	1.30	1.29	1.20	1.26	1.26	1.21	1.25	1.21	0.46
March	0.97	0.99	0.94	0.92	0.93	0.92	0.90	0.92	0.90	0.70
April	0.89	0.90	0.88	0.89	0.88	0.90	0.87	0.90	0.87	0.55
May	0.95	0.96	0.93	0.96	0.94	0.96	0.95	0.96	0.95	0.88
June	0.93	0.93	0.91	0.98	0.93	0.96	0.96	0.96	0.96	0.74
July	0.95	0.95	0.95	0.99	0.96	1.01	0.99	1.01	0.99	0.78
August	1.00	0.99	1.02	1.02	1.02	0.99	1.01	0.99	1.01	0.74
September	0.94	0.94	0.93	0.98	0.95	0.94	0.96	0.95	0.96	0.76
October	1.03	1.03	1.04	0.98	1.02	0.99	1.02	0.99	1.02	1.71
November	0.99	0.96	1.03	1.02	1.03	1.03	1.04	1.03	1.04	2.07
December	1.04	1.02	1.07	1.08	1.08	1.08	1.13	1.08	1.13	1.95

Vehicle Class Distribution

(Level 1, Site Specific Distribution)

AADTT distribution by vehicle class

Class 4 **27.8%**
 Class 5 **15.9%**
 Class 6 **6.2%**
 Class 7 **1.6%**
 Class 8 **5.6%**
 Class 9 **9.8%**
 Class 10 **16.5%**
 Class 11 **2.8%**
 Class 12 **13.8%**
 Class 13 **0.0%**

Hourly truck traffic distribution

by period beginning:

Midnight	0.7%	Noon	5.7%
1:00 am	0.4%	1:00 pm	5.4%
2:00 am	0.4%	2:00 pm	5.4%
3:00 am	0.5%	3:00 pm	5.6%
4:00 am	1.2%	4:00 pm	5.8%
5:00 am	4.0%	5:00 pm	6.2%
6:00 am	7.3%	6:00 pm	5.7%
7:00 am	6.7%	7:00 pm	5.0%
8:00 am	5.9%	8:00 pm	4.1%
9:00 am	5.8%	9:00 pm	3.1%
10:00 am	5.7%	10:00 pm	2.3%
11:00 am	5.7%	11:00 pm	1.4%

Traffic Growth Factor

Vehicle Class	Growth Rate	Growth Function
Class 4	4.6%	Compound
Class 5	4.6%	Compound
Class 6	4.6%	Compound
Class 7	4.6%	Compound
Class 8	4.6%	Compound
Class 9	4.6%	Compound
Class 10	4.6%	Compound
Class 11	4.6%	Compound
Class 12	4.6%	Compound
Class 13	4.6%	Compound

Traffic -- Axle Load Distribution Factors

Level 1: Site Specific -- normalized initial axle load distribution factors are summarized in worksheet: "Initial LDF"

Traffic -- General Traffic Inputs

Mean wheel location (inches from the lane marking): 18
Traffic wander standard deviation (in): 10
Design lane width (ft): 12

Number of Axles per Truck

Vehicle Class	Single Axle	Tandem Axle	Tridem Axle	Quad Axle
Class 4	1.62	0.39	0.00	0.00
Class 5	2.00	0.00	0.00	0.00
Class 6	1.02	0.99	0.00	0.00
Class 7	1.00	0.26	0.83	0.00
Class 8	2.38	0.67	0.00	0.00
Class 9	1.13	1.93	0.00	0.00
Class 10	1.19	1.09	0.89	0.00
Class 11	4.29	0.26	0.06	0.00
Class 12	3.52	1.14	0.06	0.00
Class 13	2.15	2.13	0.35	0.00

Axle Configuration

Average axle width (edge-to-edge outside dimensions,ft): 8.3
Dual tire spacing (in): 13.8

Axle Configuration

Single Tire (psi): 120
Dual Tire (psi): 120

Average Axle Spacing

Tandem axle(psi): 53.8
Tridem axle(psi): 51.2
Quad axle(psi): 51.2

Climate

icm file: G:\mepdg\Juliaca-DZ.13.icm
Latitude (degrees.minutes) 15.471
Longitude (degrees.minutes) -70.171
Elevation (ft) 12552.49
Depth of water table (ft) 6

Structure--Design Features

Structure--Layers

Layer 1 -- Asphalt concrete

Material type: Asphalt concrete
Layer thickness (in): 4.8

General Properties

General

Reference temperature (F°): 70
Design frequency (Hz): n/a

Volumetric Properties

Effective binder content (%): 5
Air voids (%): 3.5
Total unit weight (pcf): 139.2

Poisson's ratio: 0.35 (user entered)

Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67
Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

Asphalt Mix

Cumulative % Retained 3/4 inch sieve: 5
Cumulative % Retained 3/8 inch sieve: 30
Cumulative % Retained #4 sieve: 46
% Passing #200 sieve: 4

Asphalt Binder

Option: Conventional penetration grade
Viscosity Grade: Pen 85-100
A: 10.8232 (correlated)
VTS: -3.621 (correlated)

Layer 2 -- A-1-a

Unbound Material: A-1-a
Thickness(in): 7.9

Strength Properties

Input Level: Level 2
Analysis Type: ICM inputs (Using ICM)
Poisson's ratio: 0.35
Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
CBR: 104
Modulus (calculated) (psi): 49922

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 0.72
Passing #200 sieve (%): 5.03
Passing #4 sieve (%): 30
D60 (mm): 2

Thermal Properties

Dry thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): 0.23
Dry heat capacity (BTU/lb-F°): 0.17

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 122.2 (derived)
Specific gravity of solids, Gs: 2.67 (derived)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 37 (derived)
Optimum gravimetric water content (%): 11.1 (derived)
Calculated degree of saturation (%): 82.1 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: [Default values](#)

Parameters	Value
a	11.1
b	1.81
c	0.511
Hr.	362

Layer 3 -- A-1-b

Unbound Material: [A-1-b](#)
 Thickness(in): [7.9](#)

Strength Properties

Input Level: [Level 2](#)
 Analysis Type: [ICM inputs \(Using ICM\)](#)
 Poisson's ratio: [0.35](#)
 Coefficient of lateral pressure,Ko: [0.5](#)
 CBR: [65.8](#)
 Modulus (calculated) (psi): [37244](#)

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: [2.83](#)
 Passing #200 sieve (%): [3.5](#)
 Passing #4 sieve (%): [43.6](#)
 D60 (mm): [2](#)

Thermal Properties

Dry thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): [0.23](#)
 Dry heat capacity (BTU/lb-F°): [0.17](#)

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): [122.3 \(derived\)](#)
 Specific gravity of solids, Gs: [2.67 \(derived\)](#)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): [37 \(derived\)](#)
 Optimum gravimetric water content (%): [11.2 \(derived\)](#)
 Calculated degree of saturation (%): [82.8 \(calculated\)](#)

Soil water characteristic curve parameters: [Default values](#)

Parameters	Value
a	11.4
b	1.72
c	0.518
Hr.	370

Layer 4 -- A-6

Unbound Material: [A-6](#)
 Thickness(in): [Semi-infinite](#)

Strength Properties

Input Level: [Level 2](#)
 Analysis Type: [ICM inputs \(Using ICM\)](#)
 Poisson's ratio: [0.4](#)
 Coefficient of lateral pressure,Ko: [0.5](#)
 CBR: [13.54](#)
 Modulus (calculated) (psi): [13540](#)

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: [15.6](#)
 Passing #200 sieve (%): [68.3](#)
 Passing #4 sieve (%): [88.2](#)
 D60 (mm): [0.001](#)

Thermal Properties

Dry thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): 0.23
Dry heat capacity (BTU/lb-F°): 0.17

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 108.5 (derived)
Specific gravity of solids, Gs: 2.73 (derived)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 3.7e-006 (derived)
Optimum gravimetric water content (%): 18.3 (derived)
Calculated degree of saturation (%): 87.6 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	63.7
b	1.16
c	0.654
Hr.	2520

Distress Model Calibration Settings - Flexible

AC Fatigue Level 3 (Nationally calibrated values)

k1 1
k2 5
k3 -1.4

AC Rutting Level 4 (Regionally calibrated values)

k1 -3.15552
Br1 1.4
k2 1.734
Br2 1.06
k3 0.3993
Br3 1.05

Standard Deviation Total 0.4
Rutting (RUT):

Thermal Fracture Level 3 (Nationally calibrated values)

k1 353.47

Std. Dev. (THERMAL): 15

CTB Fatigue Level 3 (Nationally calibrated values)

k1 1
k2 1

Subgrade Rutting Level 4 (Regionally calibrated values)

Granular:

k1 1
Bs1 6.58

Fine-grain:

k1 1
Bs1 0.28

AC Cracking

AC Top Down Cracking

C1 (top)	6
C2 (top)	6
C3 (top)	50
C4 (top)	950

Standard Deviation (TOP) 25

AC Bottom Up Cracking

C1 (bottom)	6
C2 (bottom)	6
C3 (bottom)	15
C4 (bottom)	85

Standard Deviation (TOP) 15

CTB Cracking

C1 (CTB)	6
C2 (CTB)	6
C3 (CTB)	15
C4 (CTB)	85

Standard Deviation (CTB) 0.2

IRI

IRI Flexible Pavements with GB

C1 (GB)	0.0463
C2 (GB)	0.00119
C3 (GB)	0.1834
C4 (GB)	0.00384
C5 (GB)	0.00736
C6 (GB)	0.00115
Std. Dev (GB)	0.0387

IRI Flexible Pavements with ATB

C1 (ATB)	0.009995
C2 (ATB)	0.000518
C3 (ATB)	0.00235
C4 (ATB)	18.36
C5 (ATB)	0.9694
Std. Dev (ATB)	0.292

IRI Flexible Pavements with CTB

C1 (CTB)	0.00732
C2 (CTB)	0.07647
C3 (CTB)	0.000145
C4 (CTB)	0.00842
C5 (CTB)	0.000212
Std. Dev (CTB)	0.229

Predicted distress: Project TESIS.dgp

Pavement		Month	Maximum Surface Down	Maximum Bottom Up Cracking	Transverse Cracking	Subtotal AC Rutting	Total Rutting (in)	IRI in/mile	Heavy Trucks
mo	yr								
1	0.1	January	1000	15.21	0	0.0329	0.0529	91.1	37419
2	0.2	February	1000	15.21	0	0.0498	0.0908	91.2	84843
3	0.3	March	1000	15.21	0	0.0599	0.1103	91.3	120247
4	0.3	April	1000	15.21	0	0.0700	0.1259	91.4	153575
5	0.4	May	1000	15.21	0	0.0780	0.1402	91.4	189372
6	0.5	June	1000	15.21	0	0.0850	0.1531	91.5	224838
7	0.6	July	1000	15.21	0	0.0920	0.1647	91.6	261375
8	0.7	August	1000	15.21	0	0.0999	0.177	91.7	299116
9	0.8	September	1000	15.21	0	0.1087	0.19	91.8	334751
10	0.8	October	1000	15.21	0	0.1164	0.199	91.8	373182
11	0.9	November	1000	15.21	0	0.1197	0.206	91.9	411214
12	1	December	1000	15.21	0	0.1255	0.215	92	451627
13	1.1	January	1000	15.21	0	0.1290	0.2219	92.1	490768
14	1.2	February	1000	15.21	0	0.1340	0.2299	92.2	540373
15	1.3	March	1000	15.21	0	0.1370	0.2357	92.2	577405
16	1.3	April	1000	15.21	0	0.1412	0.2416	92.3	612267
17	1.4	May	1000	15.21	0	0.1467	0.2487	92.4	649710
18	1.5	June	1000	15.21	0	0.1528	0.2564	92.5	686808
19	1.6	July	1000	15.21	0	0.1558	0.261	92.6	725026
20	1.7	August	1000	15.21	0	0.1598	0.2667	92.7	764502
21	1.8	September	1000	15.21	0	0.1630	0.2715	92.7	801777
22	1.8	October	1000	15.21	0	0.1655	0.2757	92.8	841975
23	1.9	November	1000	15.21	0	0.1694	0.2812	92.9	881757
24	2	December	1000	15.21	0	0.1732	0.2855	93	924029
25	2.1	January	1000	15.21	0	0.1752	0.2882	93.1	964970
26	2.2	February	1000	15.21	0	0.1787	0.2942	93.2	1016860
27	2.3	March	1000	15.21	0	0.1807	0.2971	93.3	1055590
28	2.3	April	1000	15.21	0	0.1841	0.3012	93.3	1092060
29	2.4	May	1000	15.21	0	0.1862	0.3047	93.4	1131220
30	2.5	June	1000	15.21	0	0.1890	0.3087	93.5	1170030
31	2.6	July	1000	15.22	0	0.1914	0.3124	93.6	1210000
32	2.7	August	1000	15.22	0	0.1947	0.3169	93.7	1251300
33	2.8	September	1000	15.22	0	0.1965	0.32	93.8	1290290
34	2.8	October	1000	15.22	0	0.1998	0.3245	93.9	1332330
35	2.9	November	1000	15.22	0	0.2020	0.3279	94	1373950
36	3	December	1000	15.22	0	0.2050	0.3322	94	1418160
37	3.1	January	1000	15.22	0	0.2072	0.3356	94.1	1460990
38	3.2	February	1000	15.22	0	0.2100	0.3397	94.2	1515260
39	3.3	March	1000	15.22	0	0.2128	0.3437	94.3	1555780
40	3.3	April	1000	15.22	0	0.2155	0.3476	94.4	1593920
41	3.4	May	1000	15.22	0	0.2175	0.3509	94.5	1634890
42	3.5	June	1000	15.22	0	0.2185	0.3531	94.6	1675480
43	3.6	July	1000	15.22	0	0.2219	0.3578	94.7	1717290
44	3.7	August	1000	15.22	0	0.2245	0.3616	94.8	1760480
45	3.8	September	1000	15.22	0	0.2265	0.3648	94.9	1801270
46	3.8	October	1000	15.22	0	0.2277	0.3673	95	1845250
47	3.9	November	1000	15.22	0	0.2298	0.3706	95	1888770
48	4	December	1000	15.22	0	0.2323	0.3744	95.2	1935020
49	4.1	January	1000	15.22	0	0.2352	0.3785	95.2	1979820
50	4.2	February	1000	15.22	0	0.2364	0.3809	95.3	2036590
51	4.3	March	1000	15.22	0	0.2378	0.3836	95.4	2078970

52	4.3	April	1000	15.22	0	0.2392	0.3862	95.5	2118870
53	4.4	May	1000	15.22	0	0.2406	0.3889	95.6	2161720
54	4.5	June	1000	15.22	0	0.2420	0.3915	95.7	2204180
55	4.6	July	1000	15.22	0	0.2449	0.3956	95.8	2247910
56	4.7	August	1000	15.22	0	0.2456	0.3976	95.9	2293090
57	4.8	September	1000	15.22	0	0.2492	0.4024	96	2335750
58	4.8	October	1000	15.22	0	0.2505	0.405	96.1	2381760
59	4.9	November	1000	15.22	0	0.2521	0.4078	96.2	2427280
60	5	December	1000	15.22	0	0.2531	0.41	96.3	2475660
61	5.1	January	1000	15.22	0	0.2544	0.4126	96.4	2522520
62	5.2	February	1000	15.22	0	0.2556	0.415	96.5	2581900
63	5.3	March	1000	15.22	0	0.2568	0.4175	96.6	2626230
64	5.3	April	1000	15.22	0	0.2579	0.4198	96.7	2667960
65	5.4	May	1000	15.22	0	0.2590	0.4221	96.8	2712790
66	5.5	June	1000	15.22	0	0.2601	0.4245	96.9	2757190
67	5.6	July	1000	15.22	0	0.2613	0.4269	97	2802940
68	5.7	August	1000	15.22	0	0.2624	0.4293	97.1	2850200
69	5.8	September	1000	15.22	0	0.2636	0.4317	97.2	2894820
70	5.8	October	1000	15.22	0	0.2647	0.434	97.3	2942940
71	5.9	November	1000	15.22	0	0.2657	0.4345	97.4	2990570
72	6	December	1000	15.22	0	0.2668	0.4363	97.5	3041170
73	6.1	January	1000	15.22	0	0.2678	0.4379	97.6	3090180
74	6.2	February	1000	15.22	0	0.2688	0.4394	97.7	3152290
75	6.3	March	1000	15.23	0	0.2699	0.4412	97.8	3198660
76	6.3	April	1000	15.23	0	0.2711	0.4432	97.9	3242320
77	6.4	May	1000	15.23	0	0.2721	0.4447	98	3289200
78	6.5	June	1000	15.23	0	0.2732	0.4465	98.2	3335650
79	6.6	July	1000	15.23	0	0.2742	0.4481	98.3	3383510
80	6.7	August	1000	15.23	0	0.2754	0.4499	98.4	3432940
81	6.8	September	1000	15.23	0	0.2765	0.4516	98.5	3479610
82	6.8	October	1000	15.23	0	0.2775	0.4533	98.6	3529950
83	6.9	November	1000	15.23	0	0.2786	0.4551	98.7	3579760
84	7	December	1000	15.23	0	0.2798	0.457	98.8	3632690
85	7.1	January	1000	15.23	0	0.2806	0.4582	98.9	3683950
86	7.2	February	1000	15.23	0	0.2818	0.4602	99	3748930
87	7.3	March	1000	15.23	0	0.2829	0.4619	99.1	3797430
88	7.3	April	1000	15.23	0	0.2839	0.4635	99.3	3843090
89	7.4	May	1000	15.23	0	0.2850	0.4653	99.4	3892130
90	7.5	June	1000	15.23	0	0.2858	0.4665	99.5	3940720
91	7.6	July	1000	15.23	0	0.2868	0.4679	99.6	3990780
92	7.7	August	1000	15.23	0	0.2876	0.4692	99.7	4042480
93	7.8	September	1000	15.23	0	0.2885	0.4704	99.8	4091300
94	7.8	October	1000	15.23	0	0.2894	0.4718	99.9	4143950
95	7.9	November	1000	15.23	0	0.2901	0.4729	100	4196060
96	8	December	1000	15.23	0	0.2911	0.4743	100.2	4251420
97	8.1	January	1000	15.23	0	0.2919	0.4756	100.3	4305040
98	8.2	February	1000	15.23	0	0.2927	0.4767	100.4	4373000
99	8.3	March	1000	15.23	0	0.2936	0.478	100.5	4423740
100	8.3	April	1000	15.23	0	0.2946	0.4796	100.6	4471500
101	8.4	May	1000	15.23	0	0.2954	0.4807	100.7	4522800
102	8.5	June	1000	15.23	0	0.2965	0.4823	100.8	4573620
103	8.6	July	1000	15.23	0	0.2975	0.4836	101	4625980
104	8.7	August	1000	15.23	0	0.2987	0.4854	101.1	4680060
105	8.8	September	1000	15.23	0	0.2997	0.4869	101.2	4731130
106	8.8	October	1000	15.23	0	0.3008	0.4883	101.3	4786200
107	8.9	November	1000	15.23	0	0.3018	0.4897	101.4	4840700
108	9	December	1000	15.23	0	0.3027	0.4908	101.6	4898610
109	9.1	January	1000	15.23	0	0.3038	0.4923	101.7	4954700

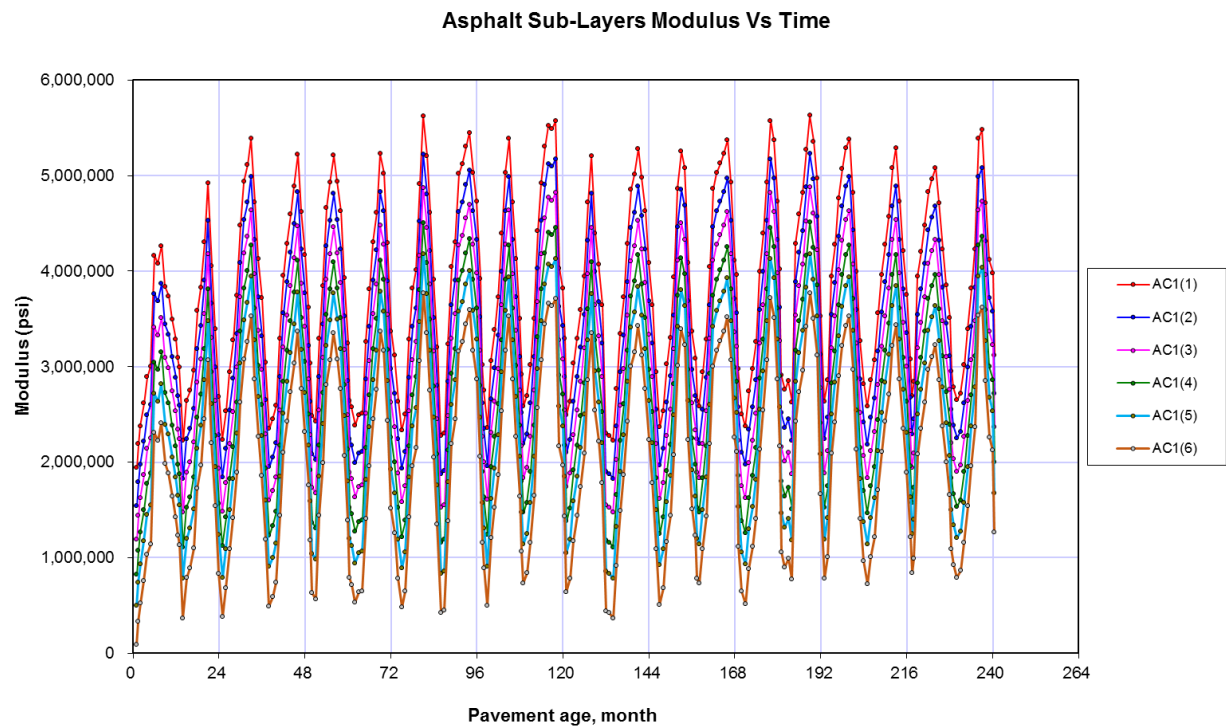
110	9.2	February	1000	15.24	0	0.3048	0.4936	101.8	5025790
111	9.3	March	1000	15.24	0	0.3057	0.4949	101.9	5078860
112	9.3	April	1000	15.24	0	0.3066	0.496	102.1	5128810
113	9.4	May	1000	15.24	0	0.3077	0.4975	102.2	5182470
114	9.5	June	1000	15.24	0	0.3085	0.4985	102.3	5235630
115	9.6	July	1000	15.24	0	0.3094	0.4997	102.4	5290400
116	9.7	August	1000	15.24	0	0.3105	0.5012	102.5	5346970
117	9.8	September	1000	15.24	0	0.3114	0.5024	102.7	5400390
118	9.8	October	1000	15.24	0	0.3125	0.5038	102.8	5457990
119	9.9	November	1000	15.24	0	0.3134	0.505	102.9	5515000
120	10	December	1000	15.24	0	0.3143	0.5061	103.1	5575580
121	10	January	1000	15.24	0	0.3153	0.5075	103.2	5634250
122	10	February	1000	15.24	0	0.3162	0.5087	103.3	5708600
123	10	March	1000	15.24	0	0.3173	0.5101	103.4	5764110
124	10	April	1000	15.24	0	0.3183	0.5115	103.6	5816370
125	10	May	1000	15.24	0	0.3193	0.5127	103.7	5872490
126	11	June	1000	15.24	0	0.3203	0.5142	103.8	5928100
127	11	July	1000	15.24	0	0.3212	0.5154	104	5985390
128	11	August	1000	15.24	0	0.3223	0.5168	104.1	6044560
129	11	September	1000	15.24	0	0.3230	0.5176	104.2	6100430
130	11	October	1000	15.24	0	0.3241	0.5191	104.4	6160690
131	11	November	1000	15.24	0	0.3250	0.5203	104.5	6220320
132	11	December	1000	15.24	0	0.3260	0.5216	104.6	6283680
133	11	January	1000	15.24	0	0.3270	0.5229	104.8	6345050
134	11	February	1000	15.24	0	0.3280	0.5242	104.9	6422820
135	11	March	1000	15.24	0	0.3289	0.5254	105	6480890
136	11	April	1000	15.24	0	0.3298	0.5267	105.2	6535550
137	11	May	1000	15.24	0	0.3309	0.5281	105.3	6594250
138	12	June	1000	15.24	0	0.3320	0.5296	105.4	6652420
139	12	July	1000	15.25	0	0.3329	0.5307	105.6	6712340
140	12	August	1000	15.25	0	0.3338	0.5318	105.7	6774240
141	12	September	1000	15.25	0	0.3344	0.5329	105.8	6832680
142	12	October	1000	15.25	0	0.3350	0.5338	106	6895710
143	12	November	1000	15.25	0	0.3356	0.5347	106.1	6958080
144	12	December	1000	15.25	0	0.3361	0.5355	106.3	7024360
145	12	January	1000	15.25	0	0.3366	0.5362	106.4	7088550
146	12	February	1000	15.25	0	0.3373	0.5374	106.5	7169900
147	12	March	1000	15.25	0	0.3376	0.5378	106.7	7230640
148	12	April	1000	15.25	0	0.3383	0.5389	106.8	7287810
149	12	May	1000	15.25	0	0.3390	0.5399	107	7349220
150	13	June	1000	15.25	0	0.3393	0.5404	107.1	7410060
151	13	July	1000	15.25	0	0.3397	0.5409	107.3	7472740
152	13	August	1000	15.25	0	0.3403	0.5418	107.4	7537480
153	13	September	1000	15.25	0	0.3408	0.5424	107.6	7598610
154	13	October	1000	15.25	0	0.3410	0.5427	107.7	7664530
155	13	November	1000	15.25	0	0.3415	0.5434	107.8	7729780
156	13	December	1000	15.25	0	0.3421	0.5443	108	7799100
157	13	January	1000	15.25	0	0.3424	0.5448	108.1	7866250
158	13	February	1000	15.25	0	0.3430	0.5454	108.3	7951340
159	13	March	1000	15.25	0	0.3436	0.5461	108.4	8014870
160	13	April	1000	15.25	0	0.3443	0.5471	108.6	8074680
161	13	May	1000	15.25	0	0.3449	0.5478	108.7	8138910
162	14	June	1000	15.25	0	0.3456	0.5488	108.9	8202550
163	14	July	1000	15.25	0	0.3463	0.5496	109	8268110
164	14	August	1000	15.26	0	0.3468	0.5502	109.2	8335830
165	14	September	1000	15.26	0	0.3475	0.5512	109.3	8399770
166	14	October	1000	15.26	0	0.3482	0.5521	109.5	8468730

167	14	November	1000	15.26	0	0.3488	0.5529	109.7	8536980
168	14	December	1000	15.26	0	0.3494	0.5535	109.8	8609490
169	14	January	1000	15.26	0	0.3501	0.5545	110	8679720
170	14	February	1000	15.26	0	0.3507	0.5552	110.1	8768730
171	14	March	1000	15.26	0	0.3514	0.5562	110.3	8835180
172	14	April	1000	15.26	0	0.3520	0.557	110.4	8897740
173	14	May	1000	15.26	0	0.3527	0.5578	110.6	8964920
174	15	June	1000	15.26	0	0.3533	0.5586	110.8	9031490
175	15	July	1000	15.26	0	0.3561	0.5616	110.9	9100070
176	15	August	1000	15.26	0	0.3568	0.5625	111.1	9170900
177	15	September	1000	15.26	0	0.3574	0.5633	111.2	9237790
178	15	October	1000	15.26	0	0.3582	0.5642	111.4	9309920
179	15	November	1000	15.26	0	0.3588	0.565	111.6	9381300
180	15	December	1000	15.26	0	0.3596	0.566	111.7	9457150
181	15	January	1000	15.26	0	0.3604	0.5671	111.9	9530620
182	15	February	1000	15.26	0	0.3610	0.5678	112	9623720
183	15	March	1000	15.26	0	0.3618	0.5688	112.2	9693230
184	15	April	1000	15.27	0	0.3625	0.5697	112.4	9758660
185	15	May	1000	15.27	0	0.3632	0.5706	112.5	9828940
186	16	June	1000	15.27	0	0.3640	0.5717	112.7	9898570
187	16	July	1000	15.27	0	0.3646	0.5724	112.9	9970300
188	16	August	1000	15.27	0	0.3654	0.5734	113	10044400
189	16	September	1000	15.27	0	0.3660	0.5741	113.2	10114400
190	16	October	1000	15.27	0	0.3668	0.5752	113.4	10189800
191	16	November	1000	15.27	0	0.3674	0.5759	113.6	10264500
192	16	December	1000	15.27	0	0.3681	0.5768	113.7	10343800
193	16	January	1000	15.27	0	0.3689	0.5778	113.9	10420700
194	16	February	1000	15.27	0	0.3695	0.5785	114.1	10518000
195	16	March	1000	15.27	0	0.3703	0.5796	114.2	10590700
196	16	April	1000	15.27	0	0.3709	0.5804	114.4	10659200
197	16	May	1000	15.27	0	0.3717	0.5814	114.6	10732700
198	17	June	1000	15.27	0	0.3725	0.5824	114.8	10805500
199	17	July	1000	15.27	0	0.3731	0.5831	114.9	10880600
200	17	August	1000	15.27	0	0.3739	0.5842	115.1	10958100
201	17	September	1000	15.27	0	0.3745	0.5849	115.3	11031200
202	17	October	1000	15.27	0	0.3753	0.586	115.5	11110200
203	17	November	1000	15.27	0	0.3759	0.5867	115.7	11188300
204	17	December	1000	15.28	0	0.3767	0.5877	115.8	11271300
205	17	January	1000	15.28	0	0.3774	0.5886	116	11351600
206	17	February	1000	15.28	0	0.3780	0.5893	116.2	11453500
207	17	March	1000	15.28	0	0.3788	0.5904	116.4	11529500
208	17	April	1000	15.28	0	0.3794	0.5911	116.6	11601100
209	17	May	1000	15.28	0	0.3801	0.592	116.8	11678000
210	18	June	1000	15.28	0	0.3810	0.5932	116.9	11754200
211	18	July	1000	15.28	0	0.3816	0.5939	117.1	11832700
212	18	August	1000	15.28	0	0.3823	0.5948	117.3	11913800
213	18	September	1000	15.28	0	0.3831	0.5958	117.5	11990300
214	18	October	1000	15.28	0	0.3837	0.5965	117.7	12072900
215	18	November	1000	15.28	0	0.3845	0.5976	117.9	12154500
216	18	December	1000	15.28	0	0.3851	0.5984	118.1	12241400
217	18	January	1000	15.28	0	0.3859	0.5994	118.3	12325400
218	18	February	1000	15.28	0	0.3864	0.5999	118.4	12432000
219	18	March	1000	15.28	0	0.3873	0.6011	118.6	12511500
220	18	April	1000	15.28	0	0.3880	0.602	118.8	12586400
221	18	May	1000	15.29	0	0.3886	0.6028	119	12666800
222	19	June	1000	15.29	0	0.3894	0.6039	119.2	12746500
223	19	July	1000	15.29	0	0.3901	0.6046	119.4	12828600
224	19	August	1000	15.29	0	0.3907	0.6054	119.6	12913400

225	19	September	1000	15.29	0	0.3915	0.6065	119.8	12993500
226	19	October	1000	15.29	0	0.3923	0.6075	120	13079800
227	19	November	1000	15.29	0	0.3929	0.6082	120.2	13165300
228	19	December	1000	15.29	0	0.3937	0.6092	120.4	13256100
229	19	January	1000	15.29	0	0.3943	0.61	120.6	13344000
230	19	February	1000	15.29	0	0.3951	0.6111	120.8	13455500
231	19	March	1000	15.29	0	0.3958	0.6118	121	13538700
232	19	April	1000	15.29	0	0.3963	0.6124	121.2	13617000
233	19	May	1000	15.29	0	0.3968	0.6129	121.4	13701100
234	20	June	1000	15.29	0	0.3975	0.6137	121.6	13784500
235	20	July	1000	15.29	0	0.3980	0.6142	121.8	13870400
236	20	August	1000	15.3	0	0.3985	0.6147	122	13959100
237	20	September	1000	15.3	0	0.3993	0.6157	122.2	14042800
238	20	October	1000	15.3	0	0.3998	0.6162	122.4	14133100
239	20	November	1000	15.3	0	0.4003	0.6167	122.6	14222500
240	20	December	1000	15.3	0	0.4008	0.6172	122.8	14317500

Layer Modulus: Project ACnew.dgp

Los datos para generar Asphalt Sub – Layers Modulus Vs Time, está en un archivo digital.



Fatigue Cracking: Project TESIS.dgp

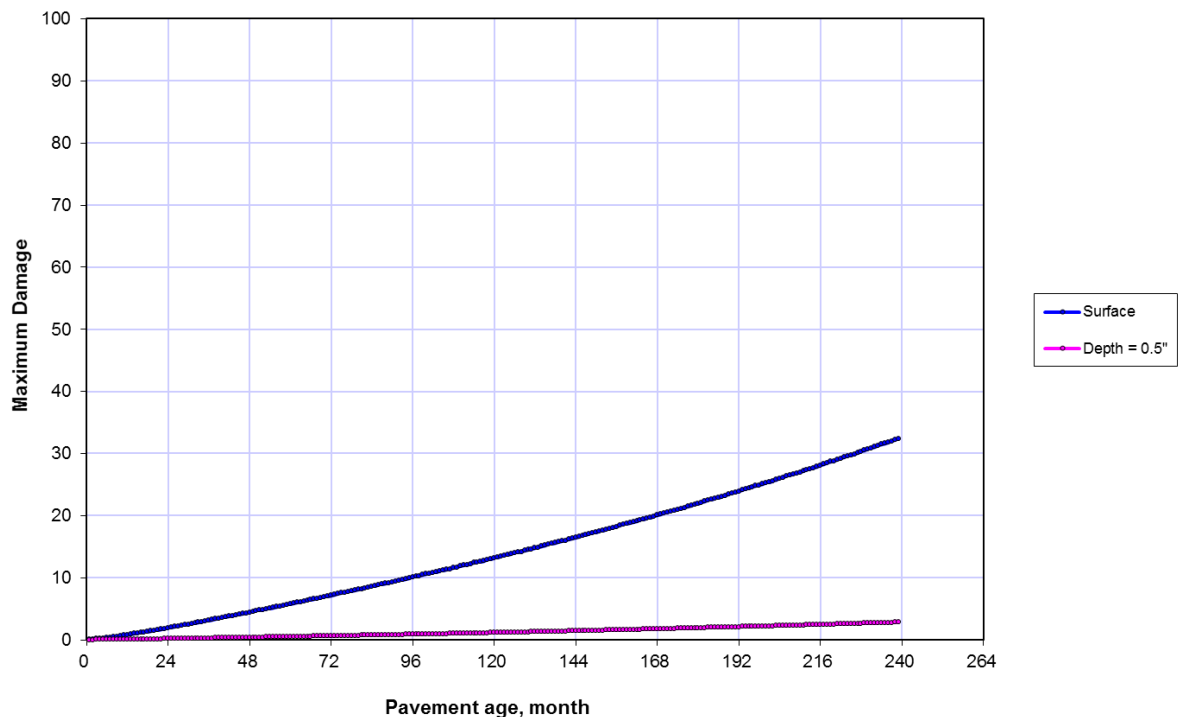
		Top Down at Surface			Top Down at 0.5"				Bottom Up at h _{ac}				
Pavement age		Month	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking	Location (in)	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking	Location (in)	Maximum Cracking Limit	Maximum Damage (%)	Maximum Cracking	Location (in)	Surface Limit
mo	yr												
1	0.08	January	0.0466	0.507	10.4	0.00405	0.006	1.7	370	0.00992	0.226	0	200
2	0.17	February	0.111	1.207	10.4	0.00966	0.015	1.7	370	0.0227	0.686	0	200
3	0.25	March	0.163	1.772	10.4	0.0142	0.022	1.7	370	0.0323	1.146	0	200
4	0.33	April	0.216	2.348	10.4	0.0188	0.029	1.7	370	0.0416	1.606	0	200
5	0.42	May	0.276	3.000	10.4	0.024	0.037	1.7	370	0.0518	2.066	0	200
6	0.5	June	0.339	3.685	10.4	0.0296	0.045	1.7	370	0.0621	2.526	0	200
7	0.58	July	0.408	4.435	10.4	0.0355	0.055	1.7	370	0.0729	2.986	0	200
8	0.67	August	0.48	5.218	10.4	0.0419	0.064	1.7	370	0.0841	3.446	0	200
9	0.75	September	0.552	6.000	10.4	0.0481	0.074	1.7	370	0.0948	3.906	0	200
10	0.83	October	0.63	6.848	10.4	0.0549	0.084	1.7	370	0.106	4.366	0	200
11	0.92	November	0.711	7.729	10.4	0.0619	0.095	1.7	370	0.118	4.826	0	200
12	1	December	0.799	8.685	10.4	0.0697	0.107	1.7	370	0.13	5.286	0	200
13	1.08	January	0.884	9.609	10.4	0.077	0.118	1.7	370	0.147	5.746	0	200
14	1.17	February	0.992	10.783	10.4	0.0865	0.133	1.7	370	0.166	6.206	0	200
15	1.25	March	1.08	11.740	10.4	0.0936	0.144	1.7	370	0.178	6.666	0	200
16	1.33	April	1.15	12.501	10.4	0.101	0.154	1.7	370	0.189	7.126	0	200
17	1.42	May	1.24	13.479	10.4	0.108	0.166	1.7	370	0.201	7.586	0	200
18	1.5	June	1.33	14.457	10.4	0.116	0.178	1.7	370	0.213	8.046	0	200
19	1.58	July	1.42	15.435	10.4	0.124	0.190	1.7	370	0.226	8.506	0	200
20	1.67	August	1.51	16.414	10.4	0.132	0.202	1.7	370	0.238	8.966	0	200
21	1.75	September	1.6	17.392	10.4	0.14	0.214	1.7	370	0.251	9.426	0	200
22	1.83	October	1.7	18.479	10.4	0.148	0.227	1.7	370	0.264	9.886	0	200
23	1.92	November	1.8	19.566	10.4	0.157	0.241	1.7	370	0.278	10.346	0	200
24	2	December	1.91	20.762	10.4	0.166	0.255	1.7	370	0.292	10.806	0	200
25	2.08	January	2	21.740	10.4	0.175	0.267	1.7	370	0.306	11.266	0	200
26	2.17	February	2.13	23.153	10.4	0.186	0.285	1.7	370	0.323	11.726	0	200
27	2.25	March	2.22	24.131	10.4	0.194	0.297	1.7	370	0.336	12.186	0	200
28	2.33	April	2.31	25.110	10.4	0.202	0.309	1.7	370	0.349	12.646	0	200
29	2.42	May	2.41	26.197	10.4	0.21	0.322	1.7	370	0.362	13.106	0	200
30	2.5	June	2.51	27.284	10.4	0.219	0.336	1.7	370	0.376	13.566	0	200
31	2.58	July	2.61	28.371	10.4	0.227	0.349	1.7	370	0.39	14.036	0	200
32	2.67	August	2.71	29.458	10.4	0.236	0.362	1.7	370	0.404	14.496	0	200
33	2.75	September	2.81	30.545	10.4	0.245	0.376	1.7	370	0.418	14.956	0	200
34	2.83	October	2.92	31.740	10.4	0.254	0.390	1.7	370	0.433	15.416	0	200
35	2.92	November	3.02	32.827	10.4	0.263	0.404	1.7	370	0.448	15.876	0	200
36	3	December	3.13	34.023	10.4	0.273	0.418	1.7	370	0.464	16.336	0	200
37	3.08	January	3.24	35.219	10.4	0.282	0.433	1.7	370	0.479	16.796	0	200
38	3.17	February	3.37	36.632	10.4	0.294	0.451	1.7	370	0.498	17.256	0	200
39	3.25	March	3.47	37.719	10.4	0.303	0.464	1.7	370	0.512	17.716	0	200
40	3.33	April	3.57	38.806	10.4	0.311	0.477	1.7	370	0.526	18.176	0	200
41	3.42	May	3.67	39.893	10.4	0.32	0.491	1.7	370	0.541	18.636	0	200
42	3.5	June	3.77	40.980	10.4	0.329	0.504	1.7	370	0.556	19.096	0	200
43	3.58	July	3.88	42.176	10.4	0.338	0.519	1.7	370	0.571	19.556	0	200
44	3.67	August	3.99	43.371	10.4	0.348	0.533	1.7	370	0.587	20.016	0	200
45	3.75	September	4.09	44.458	10.4	0.357	0.547	1.7	370	0.602	20.476	0	200
46	3.83	October	4.2	45.654	10.4	0.366	0.562	1.7	370	0.618	20.936	0	200
47	3.92	November	4.31	46.850	10.4	0.376	0.576	1.7	370	0.634	21.396	0	200
48	4	December	4.43	48.154	10.4	0.386	0.592	1.7	370	0.652	21.856	0	200
49	4.08	January	4.54	49.350	10.4	0.396	0.607	1.7	370	0.668	22.316	0	200
50	4.17	February	4.68	50.872	10.4	0.408	0.626	1.7	370	0.689	22.776	0	200
51	4.25	March	4.78	51.959	10.4	0.417	0.639	1.7	370	0.704	23.236	0	200
52	4.33	April	4.88	53.046	10.4	0.425	0.652	1.7	370	0.719	23.696	0	200
53	4.42	May	4.99	54.241	10.4	0.435	0.667	1.7	370	0.735	24.156	0	200
54	4.5	June	5.09	55.328	10.4	0.444	0.681	1.7	370	0.751	24.616	0	200
55	4.58	July	5.2	56.524	10.4	0.453	0.695	1.7	370	0.768	25.076	0	200
56	4.67	August	5.31	57.720	10.4	0.463	0.710	1.7	370	0.785	25.536	0	200
57	4.75	September	5.42	58.915	10.4	0.472	0.725	1.7	370	0.801	25.996	0	200
58	4.83	October	5.53	60.111	10.4	0.482	0.739	1.7	370	0.818	26.456	0	200
59	4.92	November	5.65	61.416	10.4	0.492	0.755	1.7	370	0.836	26.916	0	200
60	5	December	5.77	62.720	10.4	0.503	0.771	1.7	370	0.853	27.376	0	200
61	5.08	January	5.88	63.916	10.4	0.513	0.786	1.7	370	0.878	27.836	0	200
62	5.17	February	6.03	65.546	10.4	0.525	0.806	1.7	370	0.906	28.296	0	200
63	5.25	March	6.13	66.633	10.4	0.534	0.820	1.7	370	0.923	28.756	0	200
64	5.33	April	6.24	67.829	10.4	0.543	0.834	1.7	370	0.939	29.216	0	200

65	5.42	May	6.35	69.025	10.4	0.553	0.849	1.7	370	0.956	29.676	0	200
66	5.5	June	6.46	70.220	10.4	0.563	0.864	1.7	370	0.973	30.136	0	200
67	5.58	July	6.57	71.416	10.4	0.572	0.878	1.7	370	0.991	30.596	0	200
68	5.67	August	6.68	72.612	10.4	0.582	0.893	1.7	370	1.01	31.056	0	200
69	5.75	September	6.79	73.807	10.4	0.592	0.908	1.7	370	1.03	31.516	0	200
70	5.83	October	6.91	75.112	10.4	0.602	0.924	1.7	370	1.04	31.976	0	200
71	5.92	November	7.03	76.416	10.4	0.612	0.940	1.7	370	1.06	32.436	0	200
72	6	December	7.15	77.721	10.4	0.623	0.956	1.7	370	1.08	32.896	0	200
73	6.08	January	7.27	79.025	10.4	0.634	0.972	1.7	370	1.1	33.356	0	200
74	6.17	February	7.42	80.655	10.4	0.646	0.992	1.7	370	1.13	33.816	0	200
75	6.25	March	7.53	81.851	10.4	0.656	1.007	1.7	370	1.14	34.286	0	200
76	6.33	April	7.63	82.938	10.4	0.665	1.020	1.7	370	1.16	34.746	0	200
77	6.42	May	7.75	84.243	10.4	0.675	1.036	1.7	370	1.18	35.206	0	200
78	6.5	June	7.86	85.438	10.4	0.685	1.051	1.7	370	1.2	35.666	0	200
79	6.58	July	7.98	86.743	10.4	0.695	1.067	1.7	370	1.22	36.126	0	200
80	6.67	August	8.1	88.047	10.4	0.706	1.083	1.7	370	1.23	36.586	0	200
81	6.75	September	8.21	89.243	10.4	0.715	1.098	1.7	370	1.25	37.046	0	200
82	6.83	October	8.33	90.547	10.4	0.726	1.114	1.7	370	1.27	37.506	0	200
83	6.92	November	8.45	91.852	10.4	0.736	1.130	1.7	370	1.29	37.966	0	200
84	7	December	8.58	93.265	10.4	0.748	1.147	1.7	370	1.31	38.426	0	200
85	7.08	January	8.7	94.569	10.4	0.758	1.163	1.7	370	1.33	38.886	0	200
86	7.17	February	8.85	96.200	10.4	0.772	1.183	1.7	370	1.36	39.346	0	200
87	7.25	March	8.97	97.504	10.4	0.781	1.199	1.7	370	1.38	39.806	0	200
88	7.33	April	9.08	98.700	10.4	0.791	1.214	1.7	370	1.4	40.266	0	200
89	7.42	May	9.19	99.895	10.4	0.801	1.229	1.7	370	1.42	40.726	0	200
90	7.5	June	9.31	101.200	10.4	0.811	1.245	1.7	370	1.44	41.186	0	200
91	7.58	July	9.43	102.504	10.4	0.822	1.261	1.7	370	1.46	41.646	0	200
92	7.67	August	9.55	103.809	10.4	0.832	1.277	1.7	370	1.47	42.106	0	200
93	7.75	September	9.67	105.113	10.4	0.843	1.293	1.7	370	1.49	42.566	0	200
94	7.83	October	9.79	106.417	10.4	0.853	1.309	1.7	370	1.52	43.026	0	200
95	7.92	November	9.92	107.830	10.4	0.864	1.326	1.7	370	1.54	43.486	0	200
96	8	December	10.1	109.787	10.4	0.876	1.350	1.7	370	1.56	43.946	0	200
97	8.08	January	10.153286	110.366	10.4	0.8842399	1.358	1.7	370	1.572127	44.409528	0	200
98	8.17	February	10.273163	111.669	10.4	0.8946673	1.374	1.7	370	1.5916688	44.869931	0	200
99	8.25	March	10.393041	112.972	10.4	0.9050948	1.390	1.7	370	1.6112106	45.330335	0	200
100	8.33	April	10.512918	114.275	10.4	0.9155222	1.406	1.7	370	1.6307524	45.790738	0	200
101	8.42	May	10.632795	115.578	10.4	0.9259496	1.422	1.7	370	1.6502942	46.251141	0	200
102	8.5	June	10.752672	116.882	10.4	0.936377	1.438	1.7	370	1.669836	46.711544	0	200
103	8.58	July	10.872549	118.185	10.4	0.9468044	1.454	1.7	370	1.6893777	47.171948	0	200
104	8.67	August	10.992427	119.488	10.4	0.9572319	1.470	1.7	370	1.7089195	47.632351	0	200
105	8.75	September	11.112304	120.791	10.4	0.9676593	1.486	1.7	370	1.7284613	48.092754	0	200
106	8.83	October	11.232181	122.094	10.4	0.9780867	1.502	1.7	370	1.7480031	48.553157	0	200
107	8.92	November	11.352058	123.397	10.4	0.9885141	1.518	1.7	370	1.7675449	49.01356	0	200
108	9	December	11.471935	124.700	10.4	0.9989415	1.534	1.7	370	1.7870867	49.473964	0	200
109	9.08	January	11.591813	126.003	10.4	1.009369	1.550	1.7	370	1.8066285	49.934367	0	200
110	9.17	February	11.71169	127.306	10.4	1.0197964	1.566	1.7	370	1.8261703	50.39477	0	200
111	9.25	March	11.831567	128.609	10.4	1.0302238	1.582	1.7	370	1.8457121	50.855173	0	200
112	9.33	April	11.951444	129.912	10.4	1.0406512	1.598	1.7	370	1.8652538	51.315577	0	200
113	9.42	May	12.071321	131.215	10.4	1.0510786	1.614	1.7	370	1.8847956	51.77598	0	200
114	9.5	June	12.191199	132.518	10.4	1.061506	1.630	1.7	370	1.9043374	52.236383	0	200
115	9.58	July	12.311076	133.821	10.4	1.0719335	1.646	1.7	370	1.9238792	52.696786	0	200
116	9.67	August	12.430953	135.124	10.4	1.0823609	1.662	1.7	370	1.943421	53.15719	0	200
117	9.75	September	12.55083	136.428	10.4	1.0927883	1.678	1.7	370	1.9629628	53.617593	0	200
118	9.83	October	12.670707	137.731	10.4	1.1032157	1.694	1.7	370	1.9825046	54.077996	0	200
119	9.92	November	12.790585	139.034	10.4	1.1136431	1.710	1.7	370	2.0020464	54.538399	0	200
120	10	December	12.910462	140.337	10.4	1.1240706	1.726	1.7	370	2.0215882	54.998802	0	200
121	10.1	January	13.030339	141.640	10.4	1.134498	1.742	1.7	370	2.0411299	55.459206	0	200
122	10.2	February	13.150216	142.943	10.4	1.1449254	1.758	1.7	370	2.0606717	55.919609	0	200
123	10.2	March	13.270093	144.246	10.4	1.1553528	1.774	1.7	370	2.0802135	56.380012	0	200
124	10.3	April	13.389971	145.549	10.4	1.1657802	1.790	1.7	370	2.0997553	56.840415	0	200
125	10.4	May	13.509848	146.852	10.4	1.1762077	1.806	1.7	370	2.1192971	57.300819	0	200
126	10.5	June	13.629725	148.155	10.4	1.1866351	1.822	1.7	370	2.1388389	57.761222	0	200
127	10.6	July	13.749602	149.458	10.4	1.1970625	1.838	1.7	370	2.1583807	58.221625	0	200
128	10.7	August	13.869479	150.761	10.4	1.2074899	1.854	1.7	370	2.1779225	58.682028	0	200
129	10.7	September	13.989357	152.064	10.4	1.2179173	1.870	1.7	370	2.1974643	59.142431	0	200
130	10.8	October	14.109234	153.367	10.4	1.2283448	1.886	1.7	370	2.217006	59.602835	0	200
131	10.9	November	14.6	158.702	10.4	1.28	1.952	1.7	370	2.38	60.056	0	200
132	11	December	14.8	160.876	10.4	1.29	1.979	1.7	370	2.41	60.516	0	200
133	11.1	January	14.9	161.963	10.4	1.3	1.992	1.7	370	2.44	60.976	0	200
134	11.2	February	15.1	164.137	10.4	1.32	2.019	1.7	370	2.47	61.436	0	200

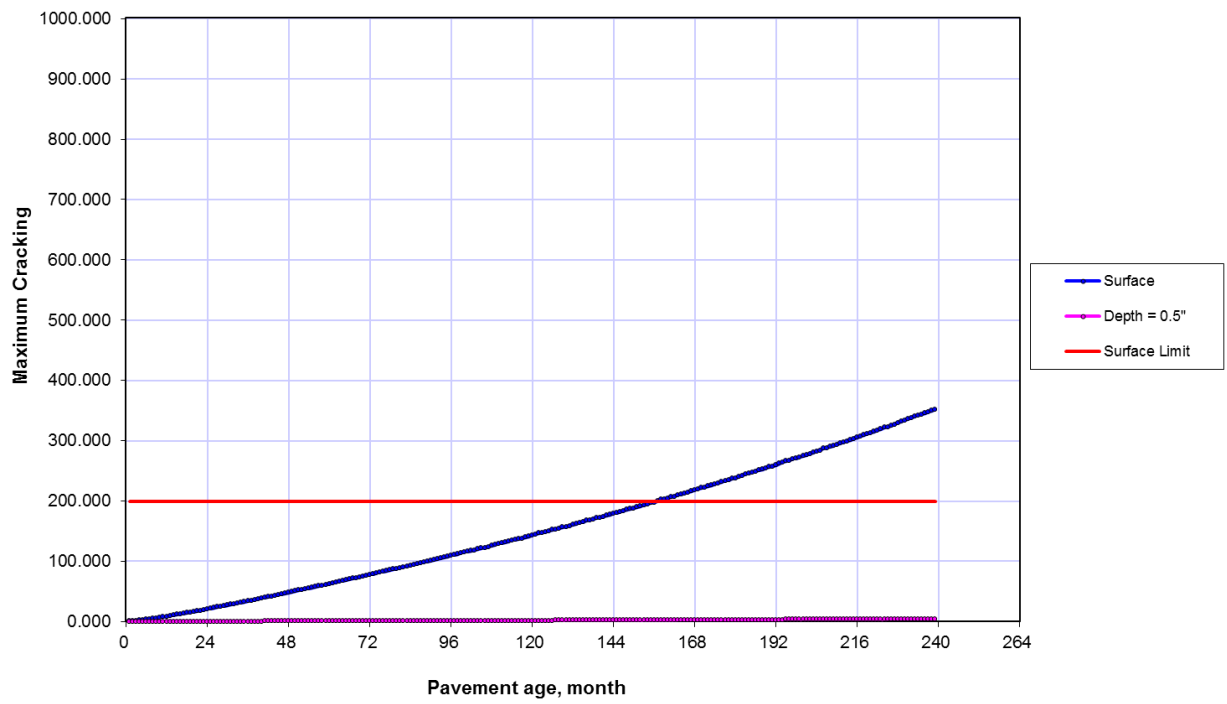
135	11.3	March	15.2	165.224	10.4	1.33	2.032	1.7	370	2.49	61.896	0	200
136	11.3	April	15.4	167.398	10.4	1.34	2.059	1.7	370	2.51	62.356	0	200
137	11.4	May	15.5	168.485	10.4	1.35	2.072	1.7	370	2.54	62.816	0	200
138	11.5	June	15.6	169.572	10.4	1.36	2.086	1.7	370	2.56	63.276	0	200
139	11.6	July	15.8	171.746	10.4	1.37	2.112	1.7	370	2.59	63.746	0	200
140	11.7	August	15.9	172.833	10.4	1.39	2.126	1.7	370	2.61	64.206	0	200
141	11.8	September	16	173.920	10.4	1.4	2.139	1.7	370	2.63	64.666	0	200
142	11.8	October	16.2	176.094	10.4	1.41	2.166	1.7	370	2.66	65.126	0	200
143	11.9	November	16.3	177.181	10.4	1.42	2.179	1.7	370	2.69	65.586	0	200
144	12	December	16.5	179.355	10.4	1.44	2.206	1.7	370	2.71	66.046	0	200
145	12.1	January	16.6	180.442	10.4	1.45	2.219	1.7	370	2.74	66.506	0	200
146	12.2	February	16.8	182.616	10.4	1.46	2.246	1.7	370	2.77	66.966	0	200
147	12.3	March	16.9	183.703	10.4	1.48	2.260	1.7	370	2.8	67.426	0	200
148	12.3	April	17.1	185.877	10.4	1.49	2.286	1.7	370	2.82	67.886	0	200
149	12.4	May	17.2	186.964	10.4	1.5	2.300	1.7	370	2.84	68.346	0	200
150	12.5	June	17.3	188.051	10.4	1.51	2.313	1.7	370	2.87	68.806	0	200
151	12.6	July	17.5	190.225	10.4	1.52	2.340	1.7	370	2.9	69.266	0	200
152	12.7	August	17.6	191.312	10.4	1.54	2.353	1.7	370	2.92	69.726	0	200
153	12.8	September	17.8	193.486	10.4	1.55	2.380	1.7	370	2.95	70.186	0	200
154	12.8	October	17.9	194.573	10.4	1.56	2.393	1.7	370	2.98	70.646	0	200
155	12.9	November	18.1	196.747	10.4	1.57	2.420	1.7	370	3	71.106	0	200
156	13	December	18.2	197.834	10.4	1.59	2.433	1.7	370	3.03	71.566	0	200
157	13.1	January	18.4	200.008	10.4	1.6	2.460	1.7	370	3.06	72.026	0	200
158	13.2	February	18.6	202.182	10.4	1.62	2.487	1.7	370	3.09	72.486	0	200
159	13.3	March	18.7	203.269	10.4	1.63	2.500	1.7	370	3.12	72.946	0	200
160	13.3	April	18.8	204.356	10.4	1.64	2.514	1.7	370	3.14	73.406	0	200
161	13.4	May	19	206.530	10.4	1.65	2.540	1.7	370	3.17	73.866	0	200
162	13.5	June	19.1	207.617	10.4	1.67	2.554	1.7	370	3.2	74.326	0	200
163	13.6	July	19.3	209.791	10.4	1.68	2.580	1.7	370	3.23	74.786	0	200
164	13.7	August	19.4	210.878	10.4	1.69	2.594	1.7	370	3.25	75.256	0	200
165	13.8	September	19.6	213.052	10.4	1.71	2.621	1.7	370	3.28	75.716	0	200
166	13.8	October	19.7	214.139	10.4	1.72	2.634	1.7	370	3.31	76.176	0	200
167	13.9	November	19.9	216.313	10.4	1.73	2.661	1.7	370	3.34	76.636	0	200
168	14	December	20.1	218.487	10.4	1.75	2.687	1.7	370	3.36	77.096	0	200
169	14.1	January	20.2	219.574	10.4	1.76	2.701	1.7	370	3.41	77.556	0	200
170	14.2	February	20.4	221.748	10.4	1.78	2.728	1.7	370	3.45	78.016	0	200
171	14.3	March	20.5	222.835	10.4	1.79	2.741	1.7	370	3.48	78.476	0	200
172	14.3	April	20.7	225.009	10.4	1.8	2.768	1.7	370	3.5	78.936	0	200
173	14.4	May	20.8	226.096	10.4	1.82	2.781	1.7	370	3.53	79.396	0	200
174	14.5	June	21	228.270	10.4	1.83	2.808	1.7	370	3.56	79.856	0	200
175	14.6	July	21.1	229.357	10.4	1.84	2.821	1.7	370	3.59	80.316	0	200
176	14.7	August	21.3	231.531	10.4	1.86	2.848	1.7	370	3.62	80.776	0	200
177	14.8	September	21.5	233.705	10.4	1.87	2.875	1.7	370	3.65	81.236	0	200
178	14.8	October	21.6	234.792	10.4	1.88	2.888	1.7	370	3.68	81.696	0	200
179	14.9	November	21.8	236.966	10.4	1.9	2.915	1.7	370	3.71	82.156	0	200
180	15	December	21.9	238.053	10.4	1.91	2.928	1.7	370	3.74	82.616	0	200
181	15.1	January	22.1	240.227	10.4	1.93	2.955	1.7	370	3.78	83.076	0	200
182	15.2	February	22.3	242.401	10.4	1.94	2.982	1.7	370	3.83	83.536	0	200
183	15.3	March	22.5	244.575	10.4	1.96	3.008	1.7	370	3.86	83.996	0	200
184	15.3	April	22.6	245.662	10.4	1.97	3.022	1.7	370	3.88	84.466	0	200
185	15.4	May	22.8	247.836	10.4	1.98	3.048	1.7	370	3.91	84.926	0	200
186	15.5	June	22.9	248.923	10.4	2	3.062	1.7	370	3.94	85.386	0	200
187	15.6	July	23.1	251.097	10.4	2.01	3.088	1.7	370	3.97	85.846	0	200
188	15.7	August	23.2	252.184	10.4	2.03	3.102	1.7	370	4	86.306	0	200
189	15.8	September	23.4	254.358	10.4	2.04	3.129	1.7	370	4.03	86.766	0	200
190	15.8	October	23.6	256.532	10.4	2.05	3.155	1.7	370	4.06	87.226	0	200
191	15.9	November	23.7	257.619	10.4	2.07	3.169	1.7	370	4.1	87.686	0	200
192	16	December	23.9	259.793	10.4	2.08	3.195	1.7	370	4.13	88.146	0	200
193	16.1	January	24.1	261.967	10.4	2.1	3.222	1.7	370	4.16	88.606	0	200
194	16.2	February	24.3	264.141	10.4	2.12	3.249	1.7	370	4.2	89.066	0	200
195	16.3	March	24.5	266.315	10.4	2.13	3.276	1.7	370	4.23	89.526	0	200
196	16.3	April	24.6	267.402	10.4	2.14	3.289	1.7	370	4.26	89.986	0	200
197	16.4	May	24.8	269.576	10.4	2.16	3.316	1.7	370	4.29	90.446	0	200
198	16.5	June	24.9	270.663	10.4	2.17	3.329	1.7	370	4.32	90.906	0	200
199	16.6	July	25.1	272.837	10.4	2.19	3.356	1.7	370	4.35	91.366	0	200
200	16.7	August	25.3	275.011	10.4	2.2	3.383	1.7	370	4.39	91.826	0	200
201	16.8	September	25.4	276.098	10.4	2.22	3.396	1.7	370	4.42	92.286	0	200
202	16.8	October	25.6	278.272	10.4	2.23	3.423	1.7	370	4.45	92.746	0	200
203	16.9	November	25.8	280.446	10.4	2.25	3.449	1.7	370	4.48	93.206	0	200

204	17	December	26	282.620	10.4	2.26	3.476	1.7	370	4.52	93.676	0	200
205	17.1	January	26.1	283.707	10.4	2.28	3.490	1.7	370	4.55	94.136	0	200
206	17.2	February	26.4	286.968	10.4	2.3	3.530	1.7	370	4.59	94.596	0	200
207	17.3	March	26.5	288.055	10.4	2.31	3.543	1.7	370	4.62	95.056	0	200
208	17.3	April	26.7	290.229	10.4	2.32	3.570	1.7	370	4.65	95.516	0	200
209	17.4	May	26.8	291.316	10.4	2.34	3.583	1.7	370	4.69	95.976	0	200
210	17.5	June	27	293.490	10.4	2.35	3.610	1.7	370	4.72	96.436	0	200
211	17.6	July	27.2	295.664	10.4	2.37	3.637	1.7	370	4.75	96.896	0	200
212	17.7	August	27.4	297.838	10.4	2.39	3.663	1.7	370	4.79	97.356	0	200
213	17.8	September	27.5	298.925	10.4	2.4	3.677	1.7	370	4.82	97.816	0	200
214	17.8	October	27.7	301.099	10.4	2.42	3.704	1.7	370	4.85	98.276	0	200
215	17.9	November	27.9	303.273	10.4	2.43	3.730	1.7	370	4.89	98.736	0	200
216	18	December	28.1	305.447	10.4	2.45	3.757	1.7	370	4.92	99.196	0	200
217	18.1	January	28.3	307.621	10.4	2.46	3.784	1.7	370	4.96	99.656	0	200
218	18.2	February	28.5	309.795	10.4	2.48	3.810	1.7	370	5	100.116	0	200
219	18.3	March	28.7	311.969	10.4	2.5	3.837	1.7	370	5.04	100.576	0	200
220	18.3	April	28.8	313.056	10.4	2.51	3.851	1.7	370	5.07	101.036	0	200
221	18.4	May	29	315.230	10.4	2.53	3.877	1.7	370	5.1	101.506	0	200
222	18.5	June	29.2	317.404	10.4	2.54	3.904	1.7	370	5.13	101.966	0	200
223	18.6	July	29.4	319.578	10.4	2.56	3.931	1.7	370	5.17	102.426	0	200
224	18.7	August	29.6	321.752	10.4	2.58	3.958	1.7	370	5.21	102.886	0	200
225	18.8	September	29.7	322.839	10.4	2.59	3.971	1.7	370	5.24	103.346	0	200
226	18.8	October	29.9	325.013	10.4	2.61	3.998	1.7	370	5.28	103.806	0	200
227	18.9	November	30.1	327.187	10.4	2.62	4.024	1.7	370	5.31	104.266	0	200
228	19	December	30.3	329.361	10.4	2.64	4.051	1.7	370	5.35	104.726	0	200
229	19.1	January	30.5	331.535	10.4	2.66	4.078	1.7	370	5.4	105.186	0	200
230	19.2	February	30.7	333.709	10.4	2.68	4.105	1.7	370	5.46	105.646	0	200
231	19.3	March	30.9	335.883	10.4	2.69	4.131	1.7	370	5.49	106.106	0	200
232	19.3	April	31.1	338.057	10.4	2.71	4.158	1.7	370	5.53	106.566	0	200
233	19.4	May	31.3	340.231	10.4	2.73	4.185	1.7	370	5.56	107.026	0	200
234	19.5	June	31.5	342.405	10.4	2.74	4.212	1.7	370	5.6	107.486	0	200
235	19.6	July	31.6	343.492	10.4	2.76	4.225	1.7	370	5.63	107.946	0	200
236	19.7	August	31.8	345.666	10.4	2.78	4.252	1.7	370	5.67	108.416	0	200
237	19.8	September	32	347.840	10.4	2.79	4.278	1.7	370	5.71	108.876	0	200
238	19.8	October	32.2	350.014	10.4	2.81	4.305	1.7	370	5.75	109.336	0	200
239	19.9	November	32.4	352.188	10.4	2.83	4.332	1.7	370	5.78	109.796	0	200
240	20	December	32.6	354.362	10.4	2.84	4.359	1.7	370	5.82	110.256	0	200

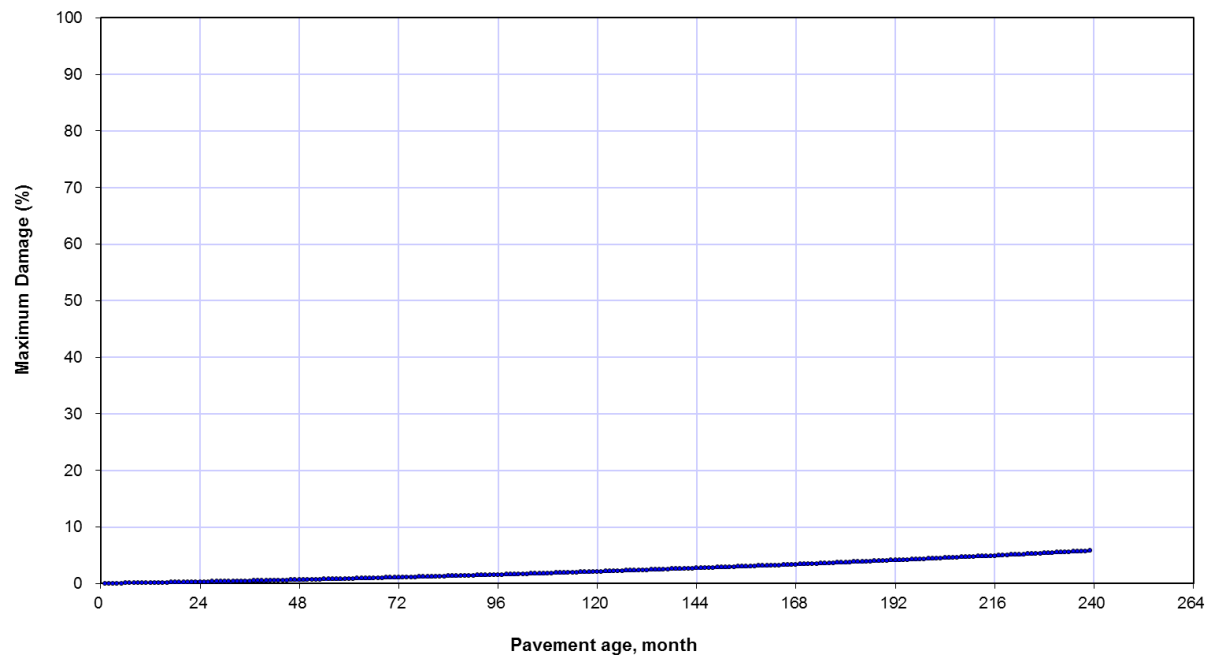
Top Down Cracking, Longitudinal Cracking

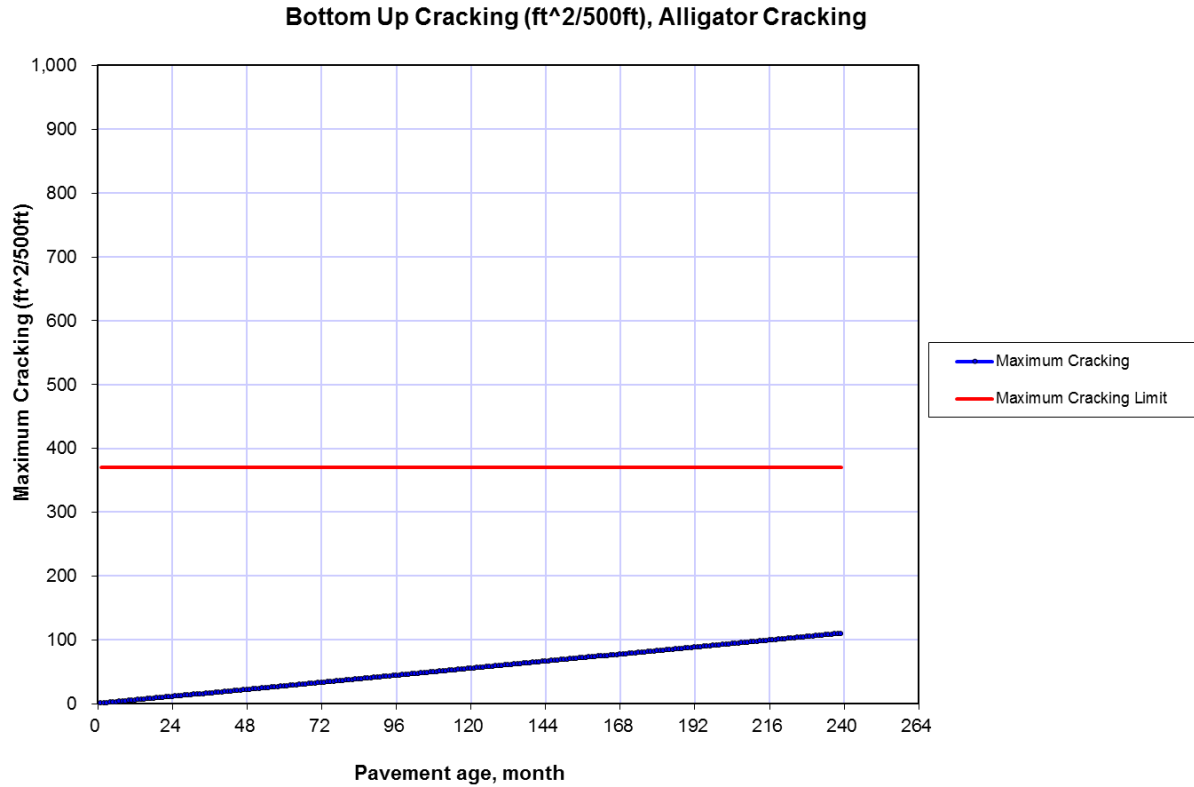


Top Down Cracking - Longitudinal Cracking



Bottom Up Cracking (ft²/500ft), Alligator Cracking





Thermal Cracking: Project TESIS.dgp

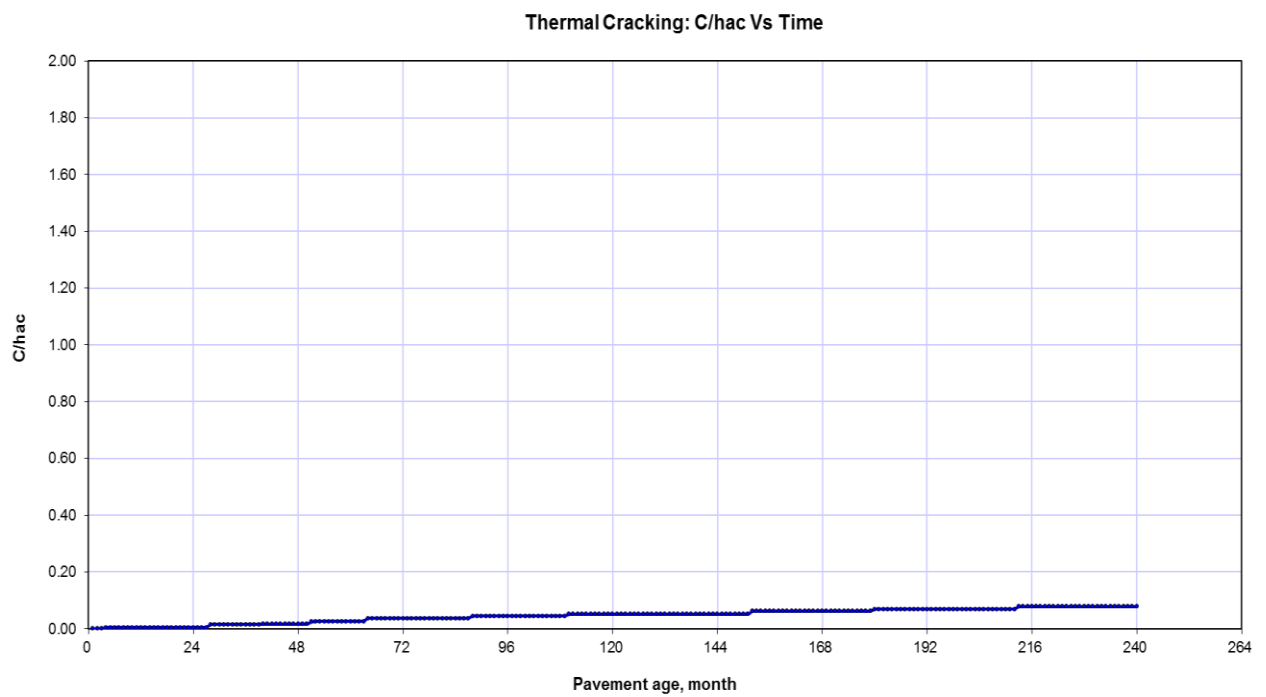
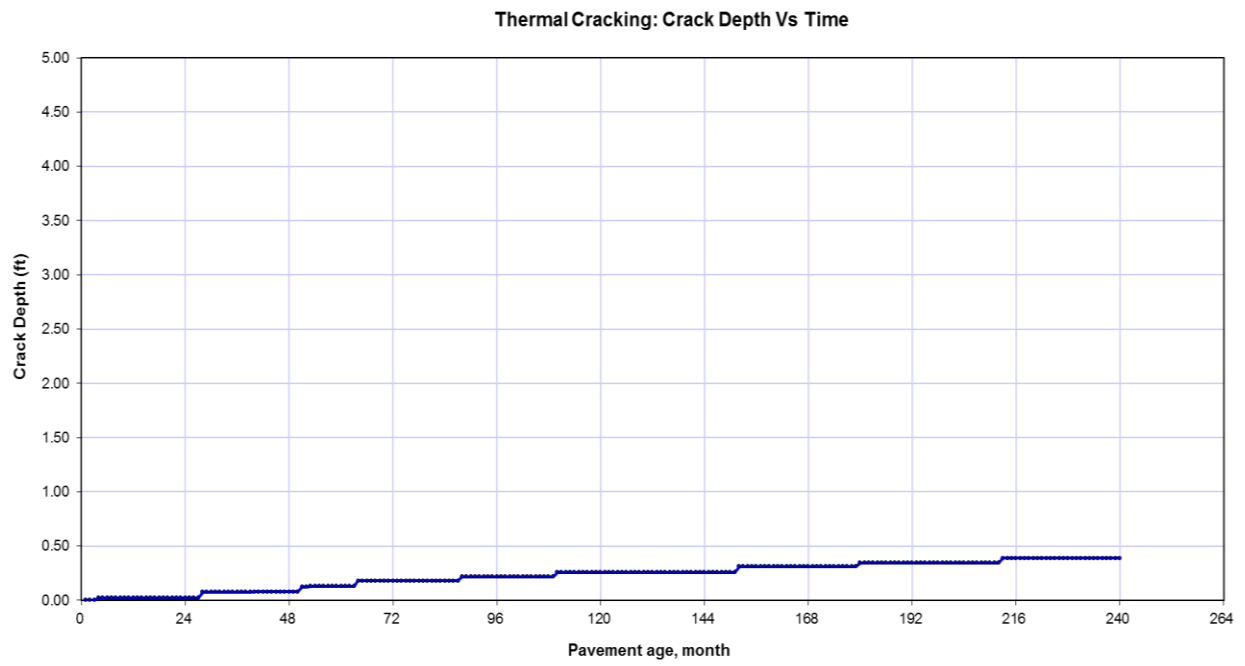
Pavement age		Month	Crack depth ft C_{ave}	C/h_{ac}	Crack Length ft/500ft	Average Crack Spacing ft	AC Thermal Fracture
mo	yr						
1	0.08	January	0.00	0.00	0	14.6	80
2	0.17	February	0.00	0.00	0	14.6	80
3	0.25	March	0.00	0.00	0	14.6	80
4	0.33	April	0.02	0.00	0.2	14.6	80
5	0.42	May	0.02	0.00	0.2	14.6	80
6	0.5	June	0.02	0.00	0.2	14.6	80
7	0.58	July	0.02	0.00	0.2	14.6	80
8	0.67	August	0.02	0.00	0.2	14.6	80
9	0.75	September	0.02	0.00	0.2	14.6	80
10	0.83	October	0.02	0.00	0.2	14.6	80
11	0.92	November	0.02	0.00	0.2	14.6	80
12	1	December	0.02	0.00	0.2	14.6	80
13	1.08	January	0.02	0.00	0.2	14.6	80
14	1.17	February	0.02	0.00	0.2	14.6	80
15	1.25	March	0.02	0.00	1.3	14.6	80
16	1.33	April	0.02	0.00	1.3	14.6	80
17	1.42	May	0.02	0.00	1.3	14.6	80
18	1.5	June	0.02	0.00	1.3	14.6	80
19	1.58	July	0.02	0.00	1.3	14.6	80
20	1.67	August	0.02	0.00	1.3	14.6	80
21	1.75	September	0.02	0.00	1.3	14.6	80
22	1.83	October	0.02	0.00	1.3	14.6	80
23	1.92	November	0.02	0.00	1.3	14.6	80
24	2	December	0.02	0.00	1.3	14.6	80

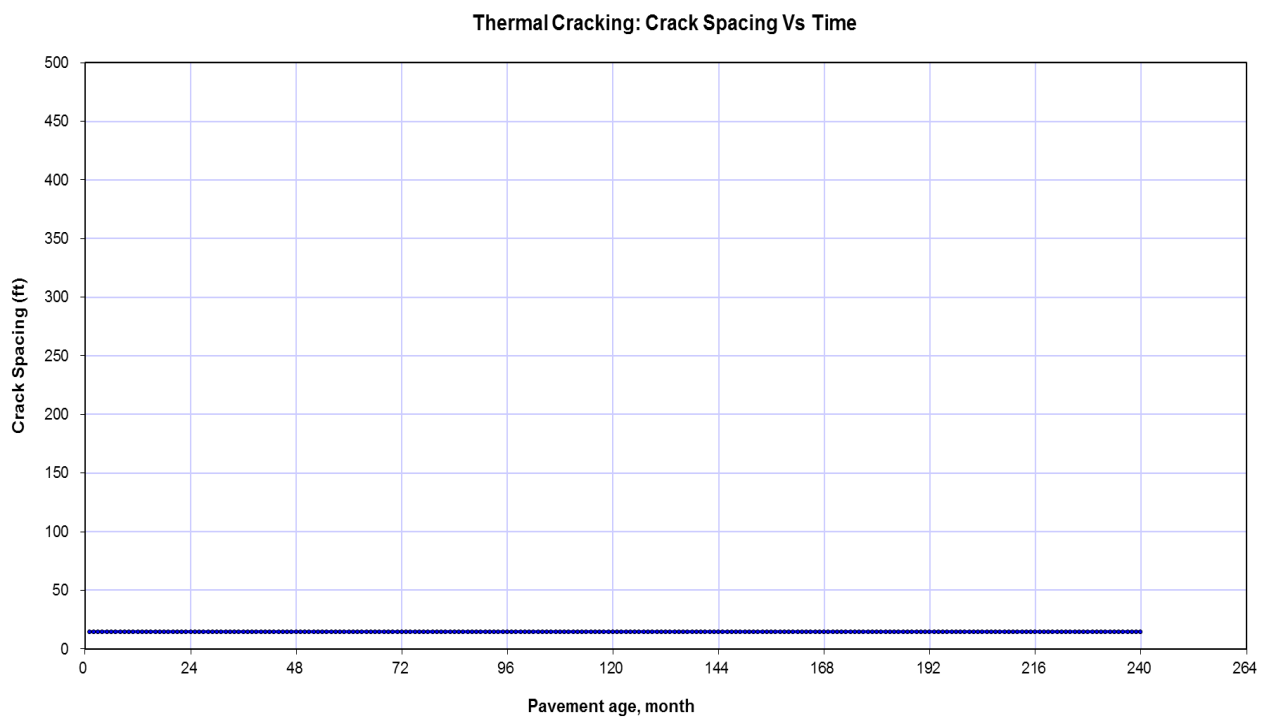
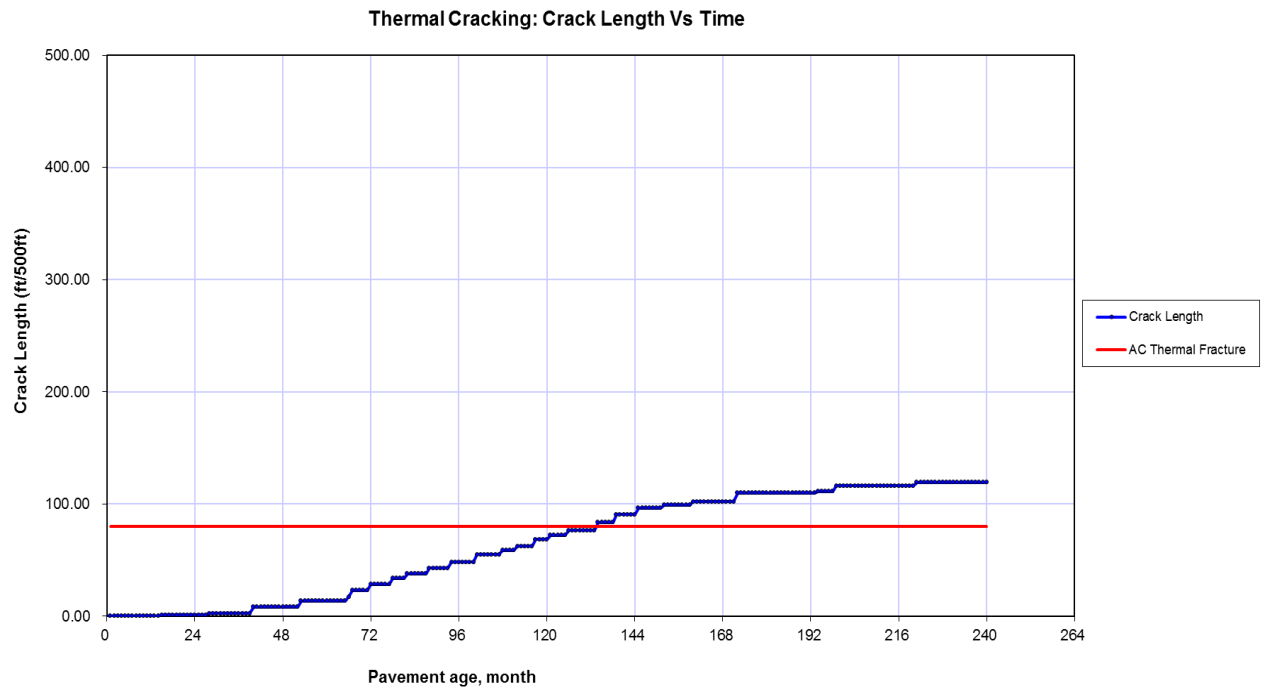
25	2.08	January	0.02	0.00	1.3	14.6	80
26	2.17	February	0.02	0.00	1.3	14.6	80
27	2.25	March	0.02	0.00	1.3	14.6	80
28	2.33	April	0.08	0.02	2.65	14.6	80
29	2.42	May	0.08	0.02	2.65	14.6	80
30	2.5	June	0.08	0.02	2.65	14.6	80
31	2.58	July	0.08	0.02	2.65	14.6	80
32	2.67	August	0.08	0.02	2.65	14.6	80
33	2.75	September	0.08	0.02	2.65	14.6	80
34	2.83	October	0.08	0.02	2.65	14.6	80
35	2.92	November	0.08	0.02	2.65	14.6	80
36	3	December	0.08	0.02	2.65	14.6	80
37	3.08	January	0.08	0.02	2.65	14.6	80
38	3.17	February	0.08	0.02	2.65	14.6	80
39	3.25	March	0.08	0.02	2.65	14.6	80
40	3.33	April	0.08	0.02	8.12	14.6	80
41	3.42	May	0.08	0.02	8.12	14.6	80
42	3.5	June	0.08	0.02	8.12	14.6	80
43	3.58	July	0.08	0.02	8.12	14.6	80
44	3.67	August	0.08	0.02	8.12	14.6	80
45	3.75	September	0.08	0.02	8.12	14.6	80
46	3.83	October	0.08	0.02	8.12	14.6	80
47	3.92	November	0.08	0.02	8.12	14.6	80
48	4	December	0.08	0.02	8.12	14.6	80
49	4.08	January	0.08	0.02	8.12	14.6	80
50	4.17	February	0.08	0.02	8.12	14.6	80
51	4.25	March	0.12	0.02	8.12	14.6	80
52	4.33	April	0.12	0.02	8.12	14.6	80
53	4.42	May	0.13	0.03	13.46	14.6	80
54	4.5	June	0.13	0.03	13.46	14.6	80
55	4.58	July	0.13	0.03	13.46	14.6	80
56	4.67	August	0.13	0.03	13.46	14.6	80
57	4.75	September	0.13	0.03	13.46	14.6	80
58	4.83	October	0.13	0.03	13.46	14.6	80
59	4.92	November	0.13	0.03	13.46	14.6	80
60	5	December	0.13	0.03	13.46	14.6	80
61	5.08	January	0.13	0.03	13.46	14.6	80
62	5.17	February	0.13	0.03	13.46	14.6	80
63	5.25	March	0.13	0.03	13.46	14.6	80
64	5.33	April	0.18	0.04	13.46	14.6	80
65	5.42	May	0.18	0.04	13.46	14.6	80
66	5.5	June	0.18	0.04	17.34	14.6	80
67	5.58	July	0.18	0.04	23.1	14.6	80
68	5.67	August	0.18	0.04	23.1	14.6	80
69	5.75	September	0.18	0.04	23.1	14.6	80
70	5.83	October	0.18	0.04	23.1	14.6	80
71	5.92	November	0.18	0.04	23.1	14.6	80
72	6	December	0.18	0.04	28.41	14.6	80
73	6.08	January	0.18	0.04	28.41	14.6	80
74	6.17	February	0.18	0.04	28.41	14.6	80
75	6.25	March	0.18	0.04	28.41	14.6	80
76	6.33	April	0.18	0.04	28.41	14.6	80
77	6.42	May	0.18	0.04	28.41	14.6	80
78	6.5	June	0.18	0.04	33.81	14.6	80
79	6.58	July	0.18	0.04	33.81	14.6	80

80	6.67	August	0.18	0.04	33.81	14.6	80
81	6.75	September	0.18	0.04	33.81	14.6	80
82	6.83	October	0.18	0.04	37.95	14.6	80
83	6.92	November	0.18	0.04	37.95	14.6	80
84	7	December	0.18	0.04	37.95	14.6	80
85	7.08	January	0.18	0.04	37.95	14.6	80
86	7.17	February	0.18	0.04	37.95	14.6	80
87	7.25	March	0.18	0.04	37.95	14.6	80
88	7.33	April	0.22	0.04	42.85	14.6	80
89	7.42	May	0.22	0.04	42.85	14.6	80
90	7.5	June	0.22	0.04	42.85	14.6	80
91	7.58	July	0.22	0.04	42.85	14.6	80
92	7.67	August	0.22	0.04	42.85	14.6	80
93	7.75	September	0.22	0.04	42.85	14.6	80
94	7.83	October	0.22	0.04	48.12	14.6	80
95	7.92	November	0.22	0.04	48.12	14.6	80
96	8	December	0.22	0.04	48.12	14.6	80
97	8.08	January	0.22	0.04	48.12	14.6	80
98	8.17	February	0.22	0.04	48.12	14.6	80
99	8.25	March	0.22	0.04	48.12	14.6	80
100	8.33	April	0.22	0.04	48.12	14.6	80
101	8.42	May	0.22	0.04	54.87	14.6	80
102	8.5	June	0.22	0.04	54.87	14.6	80
103	8.58	July	0.22	0.04	54.87	14.6	80
104	8.67	August	0.22	0.04	54.87	14.6	80
105	8.75	September	0.22	0.04	54.87	14.6	80
106	8.83	October	0.22	0.04	54.87	14.6	80
107	8.92	November	0.22	0.04	54.87	14.6	80
108	9	December	0.22	0.04	58.68	14.6	80
109	9.08	January	0.22	0.04	58.68	14.6	80
110	9.17	February	0.26	0.05	58.68	14.6	80
111	9.25	March	0.26	0.05	58.68	14.6	80
112	9.33	April	0.26	0.05	62.24	14.6	80
113	9.42	May	0.26	0.05	62.24	14.6	80
114	9.5	June	0.26	0.05	62.24	14.6	80
115	9.58	July	0.26	0.05	62.24	14.6	80
116	9.67	August	0.26	0.05	62.24	14.6	80
117	9.75	September	0.26	0.05	68.32	14.6	80
118	9.83	October	0.26	0.05	68.32	14.6	80
119	9.92	November	0.26	0.05	68.32	14.6	80
120	10	December	0.26	0.05	68.32	14.6	80
121	10.1	January	0.26	0.05	72.21	14.6	80
122	10.2	February	0.26	0.05	72.21	14.6	80
123	10.3	March	0.26	0.05	72.21	14.6	80
124	10.3	April	0.26	0.05	72.21	14.6	80
125	10.4	May	0.26	0.05	72.21	14.6	80
126	10.5	June	0.26	0.05	76.69	14.6	80
127	10.6	July	0.26	0.05	76.69	14.6	80
128	10.7	August	0.26	0.05	76.69	14.6	80
129	10.8	September	0.26	0.05	76.69	14.6	80
130	10.8	October	0.26	0.05	76.69	14.6	80
131	10.9	November	0.26	0.05	76.69	14.6	80
132	11	December	0.26	0.05	76.69	14.6	80
133	11.1	January	0.26	0.05	76.69	14.6	80

134	11.2	February	0.26	0.05	83.52	14.6	80
135	11.3	March	0.26	0.05	83.52	14.6	80
136	11.3	April	0.26	0.05	83.52	14.6	80
137	11.4	May	0.26	0.05	83.52	14.6	80
138	11.5	June	0.26	0.05	83.52	14.6	80
139	11.6	July	0.26	0.05	90.76	14.6	80
140	11.7	August	0.26	0.05	90.76	14.6	80
141	11.8	September	0.26	0.05	90.76	14.6	80
142	11.8	October	0.26	0.05	90.76	14.6	80
143	11.9	November	0.26	0.05	90.76	14.6	80
144	12	December	0.26	0.05	90.76	14.6	80
145	12.1	January	0.26	0.05	96.53	14.6	80
146	12.2	February	0.26	0.05	96.53	14.6	80
147	12.3	March	0.26	0.05	96.53	14.6	80
148	12.3	April	0.26	0.05	96.53	14.6	80
149	12.4	May	0.26	0.05	96.53	14.6	80
150	12.5	June	0.26	0.05	96.53	14.6	80
151	12.6	July	0.26	0.05	96.53	14.6	80
152	12.7	August	0.31	0.06	99.14	14.6	80
153	12.8	September	0.31	0.06	99.14	14.6	80
154	12.8	October	0.31	0.06	99.14	14.6	80
155	12.9	November	0.31	0.06	99.14	14.6	80
156	13	December	0.31	0.06	99.14	14.6	80
157	13.1	January	0.31	0.06	99.14	14.6	80
158	13.2	February	0.31	0.06	99.14	14.6	80
159	13.3	March	0.31	0.06	99.14	14.6	80
160	13.3	April	0.31	0.06	102.23	14.6	80
161	13.4	May	0.31	0.06	102.23	14.6	80
162	13.5	June	0.31	0.06	102.23	14.6	80
163	13.6	July	0.31	0.06	102.23	14.6	80
164	13.7	August	0.31	0.06	102.23	14.6	80
165	13.8	September	0.31	0.06	102.23	14.6	80
166	13.8	October	0.31	0.06	102.23	14.6	80
167	13.9	November	0.31	0.06	102.23	14.6	80
168	14	December	0.31	0.06	102.23	14.6	80
169	14.1	January	0.31	0.06	102.23	14.6	80
170	14.2	February	0.31	0.06	102.23	14.6	80
171	14.3	March	0.31	0.06	102.23	14.6	80
172	14.3	April	0.31	0.06	109.81	14.6	80
173	14.4	May	0.31	0.06	109.81	14.6	80
174	14.5	June	0.31	0.06	109.81	14.6	80
175	14.6	July	0.31	0.06	109.81	14.6	80
176	14.7	August	0.31	0.06	109.81	14.6	80
177	14.8	September	0.31	0.06	109.81	14.6	80
178	14.8	October	0.31	0.06	109.81	14.6	80
179	14.9	November	0.31	0.06	109.81	14.6	80
180	15	December	0.34	0.07	109.81	14.6	80
181	15.1	January	0.34	0.07	109.81	14.6	80
182	15.2	February	0.34	0.07	109.81	14.6	80
183	15.3	March	0.34	0.07	109.81	14.6	80
184	15.3	April	0.34	0.07	109.81	14.6	80
185	15.4	May	0.34	0.07	109.81	14.6	80
186	15.5	June	0.34	0.07	109.81	14.6	80
187	15.6	July	0.34	0.07	109.81	14.6	80
188	15.7	August	0.34	0.07	109.81	14.6	80

189	15.8	September	0.34	0.07	109.81	14.6	80
190	15.8	October	0.34	0.07	109.81	14.6	80
191	15.9	November	0.34	0.07	109.81	14.6	80
192	16	December	0.34	0.07	109.81	14.6	80
193	16.1	January	0.34	0.07	109.81	14.6	80
194	16.2	February	0.34	0.07	111.23	14.6	80
195	16.3	March	0.34	0.07	111.23	14.6	80
196	16.3	April	0.34	0.07	111.23	14.6	80
197	16.4	May	0.34	0.07	111.23	14.6	80
198	16.5	June	0.34	0.07	111.23	14.6	80
199	16.6	July	0.34	0.07	116.12	14.6	80
200	16.7	August	0.34	0.07	116.12	14.6	80
201	16.8	September	0.34	0.07	116.12	14.6	80
202	16.8	October	0.34	0.07	116.12	14.6	80
203	16.9	November	0.34	0.07	116.12	14.6	80
204	17	December	0.34	0.07	116.12	14.6	80
205	17.1	January	0.34	0.07	116.12	14.6	80
206	17.2	February	0.34	0.07	116.12	14.6	80
207	17.3	March	0.34	0.07	116.12	14.6	80
208	17.3	April	0.34	0.07	116.12	14.6	80
209	17.4	May	0.34	0.07	116.12	14.6	80
210	17.5	June	0.34	0.07	116.12	14.6	80
211	17.6	July	0.34	0.07	116.12	14.6	80
212	17.7	August	0.34	0.07	116.12	14.6	80
213	17.8	September	0.39	0.08	116.12	14.6	80
214	17.8	October	0.39	0.08	116.12	14.6	80
215	17.9	November	0.39	0.08	116.12	14.6	80
216	18	December	0.39	0.08	116.12	14.6	80
217	18.1	January	0.39	0.08	116.12	14.6	80
218	18.2	February	0.39	0.08	116.12	14.6	80
219	18.3	March	0.39	0.08	116.12	14.6	80
220	18.3	April	0.39	0.08	116.12	14.6	80
221	18.4	May	0.39	0.08	119.14	14.6	80
222	18.5	June	0.39	0.08	119.14	14.6	80
223	18.6	July	0.39	0.08	119.14	14.6	80
224	18.7	August	0.39	0.08	119.14	14.6	80
225	18.8	September	0.39	0.08	119.14	14.6	80
226	18.8	October	0.39	0.08	119.14	14.6	80
227	18.9	November	0.39	0.08	119.14	14.6	80
228	19	December	0.39	0.08	119.14	14.6	80
229	19.1	January	0.39	0.08	119.14	14.6	80
230	19.2	February	0.39	0.08	119.14	14.6	80
231	19.3	March	0.39	0.08	119.14	14.6	80
232	19.3	April	0.39	0.08	119.14	14.6	80
233	19.4	May	0.39	0.08	119.14	14.6	80
234	19.5	June	0.39	0.08	119.14	14.6	80
235	19.6	July	0.39	0.08	119.14	14.6	80
236	19.7	August	0.39	0.08	119.14	14.6	80
237	19.8	September	0.39	0.08	119.14	14.6	80
238	19.8	October	0.39	0.08	119.14	14.6	80
239	19.9	November	0.39	0.08	119.14	14.6	80
240	20	December	0.39	0.08	119.14	14.6	80





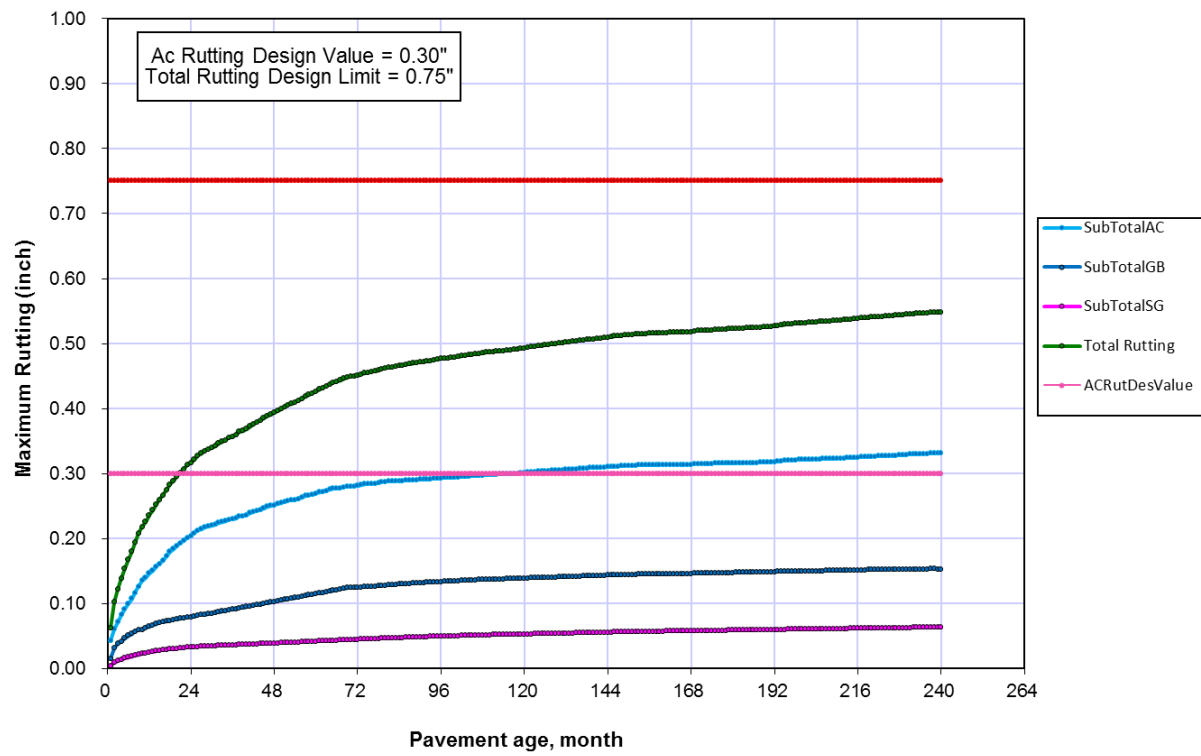
Predicted rutting: Project TESIS.dgp

Pavement age	mo	yr	Month	Maximum Rutting (inch)												Total RutRel iability	AC RutDes Value	Total RutDe sLimit
				AC1	Location	GB2	Location	SB3	Location	SB4	Location	SubTotalA C	SubTotalG B	SubTotalS G	Total	Location		
1	0.08	January	0.0429	0	0.0154	0	0.0037	0	0.0009	0	0.0429	0.0154	0.0046	0.063	0	0.071	0.30	0.75
2	0.17	February	0.0608	0	0.0316	0	0.0061	0	0.0033	0	0.0608	0.0316	0.0094	0.102	0	0.114	0.30	0.75
3	0.25	March	0.0719	0	0.0386	0	0.0073	0	0.0045	0	0.0719	0.0386	0.0118	0.122	0	0.137	0.30	0.75
4	0.33	April	0.0830	0	0.0419	0	0.0084	0	0.0056	0	0.0830	0.0419	0.0140	0.139	0	0.155	0.30	0.75
5	0.42	May	0.0920	0	0.0464	0	0.0093	0	0.0065	0	0.0920	0.0464	0.0158	0.154	0	0.172	0.30	0.75
6	0.5	June	0.1000	0	0.0506	0	0.0101	0	0.0074	0	0.1000	0.0506	0.0175	0.168	0	0.188	0.30	0.75
7	0.58	July	0.1080	0	0.0538	0	0.0108	0	0.0081	0	0.1080	0.0538	0.0189	0.181	0	0.201	0.30	0.75
8	0.67	August	0.1169	0	0.0569	0	0.0115	0	0.0087	0	0.1169	0.0569	0.0202	0.194	0	0.216	0.30	0.75
9	0.75	September	0.1267	0	0.0598	0	0.0121	0	0.0094	0	0.1267	0.0598	0.0215	0.208	0	0.232	0.30	0.75
10	0.83	October	0.1354	0	0.0599	0	0.0127	0	0.0100	0	0.1354	0.0599	0.0227	0.218	0	0.243	0.30	0.75
11	0.92	November	0.1397	0	0.0624	0	0.0133	0	0.0106	0	0.1397	0.0624	0.0239	0.226	0	0.252	0.30	0.75
12	1	December	0.1465	0	0.0645	0	0.0139	0	0.0111	0	0.1465	0.0645	0.0250	0.236	0	0.263	0.30	0.75
13	1.08	January	0.1510	0	0.0669	0	0.0144	0	0.0116	0	0.1510	0.0669	0.0260	0.244	0	0.271	0.30	0.75
14	1.17	February	0.1570	0	0.0689	0	0.0149	0	0.0121	0	0.1570	0.0689	0.0270	0.253	0	0.281	0.30	0.75
15	1.25	March	0.1610	0	0.0708	0	0.0153	0	0.0126	0	0.1610	0.0708	0.0279	0.260	0	0.289	0.30	0.75
16	1.33	April	0.1662	0	0.0719	0	0.0156	0	0.0129	0	0.1662	0.0719	0.0285	0.267	0	0.296	0.30	0.75
17	1.42	May	0.1727	0	0.0729	0	0.0159	0	0.0132	0	0.1727	0.0729	0.0291	0.275	0	0.305	0.30	0.75
18	1.5	June	0.1798	0	0.0739	0	0.0162	0	0.0135	0	0.1798	0.0739	0.0297	0.283	0	0.315	0.30	0.75
19	1.58	July	0.1838	0	0.0749	0	0.0165	0	0.0138	0	0.1838	0.0749	0.0303	0.289	0	0.321	0.30	0.75
20	1.67	August	0.1888	0	0.0760	0	0.0168	0	0.0141	0	0.1888	0.0760	0.0309	0.296	0	0.328	0.30	0.75
21	1.75	September	0.1930	0	0.0770	0	0.0171	0	0.0144	0	0.1930	0.0770	0.0315	0.302	0	0.335	0.30	0.75
22	1.83	October	0.1965	0	0.0781	0	0.0174	0	0.0147	0	0.1965	0.0781	0.0321	0.307	0	0.340	0.30	0.75
23	1.92	November	0.2014	0	0.0791	0	0.0177	0	0.0150	0	0.2014	0.0791	0.0327	0.313	0	0.348	0.30	0.75
24	2	December	0.2042	0	0.0794	0	0.0178	0	0.0151	0	0.2042	0.0794	0.0329	0.317	0	0.351	0.30	0.75
25	2.08	January	0.2086	0	0.0797	0	0.0180	0	0.0153	0	0.2086	0.0797	0.0333	0.322	0	0.357	0.30	0.75
26	2.17	February	0.2123	0	0.0820	0	0.0181	0	0.0154	0	0.2123	0.0820	0.0335	0.328	0	0.364	0.30	0.75
27	2.25	March	0.2145	0	0.0825	0	0.0183	0	0.0156	0	0.2145	0.0825	0.0339	0.331	0	0.367	0.30	0.75
28	2.33	April	0.2172	0	0.0830	0	0.0184	0	0.0157	0	0.2172	0.0830	0.0341	0.334	0	0.371	0.30	0.75
29	2.42	May	0.2186	0	0.0840	0	0.0186	0	0.0159	0	0.2186	0.0840	0.0345	0.337	0	0.374	0.30	0.75
30	2.5	June	0.2201	0	0.0850	0	0.0187	0	0.0160	0	0.2201	0.0850	0.0347	0.340	0	0.377	0.30	0.75
31	2.58	July	0.2214	0	0.0860	0	0.0189	0	0.0161	0	0.2214	0.0860	0.0350	0.342	0	0.379	0.30	0.75
32	2.67	August	0.2245	0	0.0870	0	0.0190	0	0.0162	0	0.2245	0.0870	0.0352	0.347	0	0.384	0.30	0.75
33	2.75	September	0.2259	0	0.0880	0	0.0191	0	0.0164	0	0.2259	0.0880	0.0355	0.349	0	0.387	0.30	0.75
34	2.83	October	0.2268	0	0.0890	0	0.0192	0	0.0165	0	0.2268	0.0890	0.0357	0.352	0	0.389	0.30	0.75
35	2.92	November	0.2293	0	0.0900	0	0.0193	0	0.0166	0	0.2293	0.0900	0.0359	0.355	0	0.393	0.30	0.75
36	3	December	0.2299	0	0.0910	0	0.0195	0	0.0167	0	0.2299	0.0910	0.0362	0.357	0	0.395	0.30	0.75
37	3.08	January	0.2314	0	0.0920	0	0.0196	0	0.0168	0	0.2314	0.0920	0.0364	0.360	0	0.399	0.30	0.75
38	3.17	February	0.2344	0	0.0930	0	0.0197	0	0.0170	0	0.2344	0.0930	0.0367	0.364	0	0.403	0.30	0.75
39	3.25	March	0.2346	0	0.0940	0	0.0198	0	0.0171	0	0.2346	0.0940	0.0369	0.366	0	0.405	0.30	0.75
40	3.33	April	0.2363	0	0.0950	0	0.0199	0	0.0172	0	0.2363	0.0950	0.0371	0.368	0	0.408	0.30	0.75
41	3.42	May	0.2397	0	0.0960	0	0.0201	0	0.0173	0	0.2397	0.0960	0.0374	0.373	0	0.413	0.30	0.75
42	3.5	June	0.2412	0	0.0970	0	0.0202	0	0.0174	0	0.2412	0.0970	0.0376	0.376	0	0.416	0.30	0.75
43	3.58	July	0.2429	0	0.0980	0	0.0203	0	0.0176	0	0.2429	0.0980	0.0379	0.379	0	0.419	0.30	0.75
44	3.67	August	0.2446	0	0.0990	0	0.0204	0	0.0177	0	0.2446	0.0990	0.0381	0.382	0	0.422	0.30	0.75
45	3.75	September	0.2467	0	0.1000	0	0.0205	0	0.0178	0	0.2467	0.1000	0.0383	0.385	0	0.426	0.30	0.75
46	3.83	October	0.2489	0	0.1010	0	0.0207	0	0.0179	0	0.2489	0.1010	0.0386	0.389	0	0.430	0.30	0.75
47	3.92	November	0.2503	0	0.1020	0	0.0208	0	0.0180	0	0.2503	0.1020	0.0388	0.391	0	0.433	0.30	0.75
48	4	December	0.2512	0	0.1030	0	0.0209	0	0.0182	0	0.2512	0.1030	0.0391	0.393	0	0.435	0.30	0.75
49	4.08	January	0.2533	0	0.1040	0	0.0210	0	0.0183	0	0.2533	0.1040	0.0393	0.397	0	0.439	0.30	0.75
50	4.17	February	0.2545	0	0.1050	0	0.0211	0	0.0184	0	0.2545	0.1050	0.0395	0.399	0	0.441	0.30	0.75
51	4.25	March	0.2567	0	0.1060	0	0.0213	0	0.0185	0	0.2567	0.1060	0.0398	0.403	0	0.445	0.30	0.75
52	4.33	April	0.2584	0	0.1070	0	0.0214	0	0.0186	0	0.2584	0.1070	0.0400	0.405	0	0.448	0.30	0.75
53	4.42	May	0.2591	0	0.1080	0	0.0215	0	0.0188	0	0.2591	0.1080	0.0403	0.407	0	0.450	0.30	0.75
54	4.5	June	0.2600	0	0.1090	0	0.0216	0	0.0189	0	0.2600	0.1090	0.0405	0.410	0	0.453	0.30	0.75
55	4.58	July	0.2613	0	0.1100	0	0.0217	0	0.0190	0	0.2613	0.1100	0.0407	0.412	0	0.455	0.30	0.75
56	4.67	August	0.2634	0	0.1110	0	0.0219	0	0.0191	0	0.2634	0.1110	0.0410	0.415	0	0.459	0.30	0.75
57	4.75	September	0.2656	0	0.1120	0	0.0220	0	0.0192	0	0.2656	0.1120	0.0412	0.419	0	0.463	0.30	0.75
58	4.83	October	0.2667	0	0.1130	0	0.0221	0	0.0194	0	0.2667	0.1130	0.0415	0.421	0	0.466	0.30	0.75
59	4.92	November	0.2675	0	0.1140	0	0.0222	0	0.0195	0	0.2675	0.1140	0.0417	0.423	0	0.468	0.30	0.75
60	5	December	0.2696	0	0.1150	0	0.0223	0	0.0196	0	0.2696	0.1150	0.0419	0.427	0	0.471	0.30	0.75
61	5.08	January	0.2713	0	0.1160	0	0.0225	0	0.0197	0	0.2713	0.1160	0.0422	0.430	0	0.475	0.30	0.75
62	5.17	February	0.2721	0	0.1170	0	0.0226	0	0.0198	0	0.2721	0.1170	0.0424	0.432	0	0.477	0.30	0.75
63	5.25	March	0.2738	0	0.1180	0	0.0227	0	0.0200	0	0.2738	0.1180	0.0427	0.435	0	0.480	0.30	0.75
64	5.33	April	0.2755	0	0.1190	0	0.0228	0	0.0201	0	0.2755	0.1190	0.0429	0.437	0	0.483	0.30	0.75
65	5.42	May	0.2770	0	0.1200	0	0.0229	0	0.0202	0	0.2770	0.1200	0.0431	0.440	0	0.486	0.30	0.75
66	5.5	June	0.2772	0	0.1210	0	0.0231	0	0.0203	0	0.2772	0.1210	0.0434	0.442	0	0.488	0.30	0.75
67	5.58	July	0.2779	0	0.1220	0	0.0232	0	0.0204	0	0.2779	0.1220	0.0436	0.444	0	0.490	0.30	0.75
68	5.67	August	0.2793	0	0.1230	0	0.0233	0	0.0206	0	0.2793	0.1230	0.0439	0.446	0	0.493	0.30	0.75
69	5.75	September	0.2796	0	0.1240	0	0.0234	0	0.0207	0	0.2796	0.1240	0.0441	0.448	0	0.494	0.30	0.75
70	5.83	October	0.2803	0	0.1250	0												

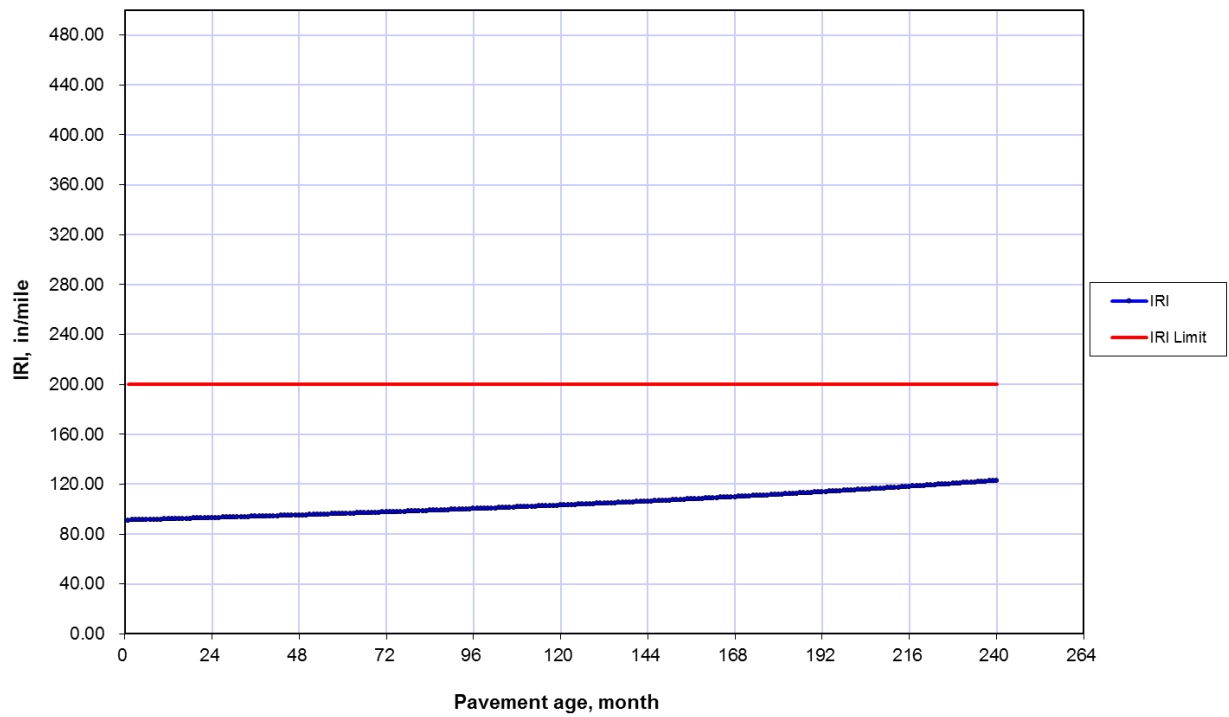
91	7.6	July	0.2910	0	0.1323	0	0.0258	0	0.0230	0	0.2910	0.1323	0.0488	0.472	0	0.521	0.30	0.75
92	7.7	August	0.2911	0	0.1326	0	0.0259	0	0.0231	0	0.2911	0.1326	0.0490	0.473	0	0.521	0.30	0.75
93	7.8	September	0.2914	0	0.1328	0	0.0259	0	0.0232	0	0.2914	0.1328	0.0491	0.473	0	0.522	0.30	0.75
94	7.8	October	0.2921	0	0.1331	0	0.0260	0	0.0233	0	0.2921	0.1331	0.0493	0.475	0	0.523	0.30	0.75
95	7.9	November	0.2926	0	0.1333	0	0.0261	0	0.0234	0	0.2926	0.1333	0.0495	0.475	0	0.524	0.30	0.75
96	8	December	0.2933	0	0.1336	0	0.0262	0	0.0234	0	0.2933	0.1336	0.0496	0.477	0	0.525	0.30	0.75
97	8.1	January	0.2934	0	0.1339	0	0.0263	0	0.0235	0	0.2934	0.1339	0.0498	0.477	0	0.526	0.30	0.75
98	8.2	February	0.2935	0	0.1341	0	0.0263	0	0.0236	0	0.2935	0.1341	0.0499	0.478	0	0.526	0.30	0.75
99	8.3	March	0.2938	0	0.1343	0	0.0264	0	0.0237	0	0.2938	0.1343	0.0501	0.478	0	0.527	0.30	0.75
100	8.3	April	0.2942	0	0.1347	0	0.0265	0	0.0238	0	0.2942	0.1347	0.0503	0.479	0	0.528	0.30	0.75
101	8.4	May	0.2946	0	0.1349	0	0.0266	0	0.0238	0	0.2946	0.1349	0.0504	0.480	0	0.529	0.30	0.75
102	8.5	June	0.2950	0	0.1352	0	0.0267	0	0.0239	0	0.2950	0.1352	0.0506	0.481	0	0.530	0.30	0.75
103	8.6	July	0.2953	0	0.1354	0	0.0267	0	0.0240	0	0.2953	0.1354	0.0507	0.481	0	0.530	0.30	0.75
104	8.7	August	0.2957	0	0.1358	0	0.0268	0	0.0241	0	0.2957	0.1358	0.0509	0.482	0	0.531	0.30	0.75
105	8.8	September	0.2962	0	0.1361	0	0.0269	0	0.0242	0	0.2962	0.1361	0.0511	0.483	0	0.533	0.30	0.75
106	8.8	October	0.2966	0	0.1363	0	0.0270	0	0.0242	0	0.2966	0.1363	0.0512	0.484	0	0.533	0.30	0.75
107	8.9	November	0.2969	0	0.1365	0	0.0271	0	0.0243	0	0.2969	0.1365	0.0514	0.485	0	0.534	0.30	0.75
108	9	December	0.2974	0	0.1366	0	0.0271	0	0.0244	0	0.2974	0.1366	0.0515	0.486	0	0.535	0.30	0.75
109	9.1	January	0.2979	0	0.1369	0	0.0272	0	0.0244	0	0.2979	0.1369	0.0516	0.486	0	0.536	0.30	0.75
110	9.2	February	0.2982	0	0.1371	0	0.0272	0	0.0245	0	0.2982	0.1371	0.0517	0.487	0	0.536	0.30	0.75
111	9.3	March	0.2983	0	0.1373	0	0.0273	0	0.0246	0	0.2983	0.1373	0.0519	0.488	0	0.537	0.30	0.75
112	9.3	April	0.2985	0	0.1374	0	0.0274	0	0.0246	0	0.2985	0.1374	0.0520	0.488	0	0.537	0.30	0.75
113	9.4	May	0.2989	0	0.1377	0	0.0274	0	0.0247	0	0.2989	0.1377	0.0521	0.489	0	0.538	0.30	0.75
114	9.5	June	0.2990	0	0.1378	0	0.0275	0	0.0247	0	0.2990	0.1378	0.0522	0.489	0	0.539	0.30	0.75
115	9.6	July	0.2992	0	0.1380	0	0.0275	0	0.0248	0	0.2992	0.1380	0.0523	0.489	0	0.539	0.30	0.75
116	9.7	August	0.2995	0	0.1382	0	0.0276	0	0.0249	0	0.2995	0.1382	0.0525	0.490	0	0.540	0.30	0.75
117	9.8	September	0.2997	0	0.1384	0	0.0277	0	0.0249	0	0.2997	0.1384	0.0526	0.491	0	0.540	0.30	0.75
118	9.8	October	0.3001	0	0.1386	0	0.0277	0	0.0250	0	0.3001	0.1386	0.0527	0.491	0	0.541	0.30	0.75
119	9.9	November	0.3006	0	0.1388	0	0.0278	0	0.0250	0	0.3006	0.1388	0.0528	0.492	0	0.542	0.30	0.75
120	10	December	0.3012	0	0.1389	0	0.0278	0	0.0251	0	0.3012	0.1389	0.0529	0.493	0	0.543	0.30	0.75
121	10	January	0.3019	0	0.1391	0	0.0279	0	0.0252	0	0.3019	0.1391	0.0531	0.494	0	0.544	0.30	0.75
122	10	February	0.3022	0	0.1393	0	0.0280	0	0.0252	0	0.3022	0.1393	0.0532	0.495	0	0.545	0.30	0.75
123	10	March	0.3027	0	0.1395	0	0.0280	0	0.0253	0	0.3027	0.1395	0.0533	0.496	0	0.545	0.30	0.75
124	10	April	0.3031	0	0.1398	0	0.0281	0	0.0253	0	0.3031	0.1398	0.0534	0.496	0	0.546	0.30	0.75
125	10	May	0.3035	0	0.1399	0	0.0281	0	0.0254	0	0.3035	0.1399	0.0535	0.497	0	0.547	0.30	0.75
126	11	June	0.3039	0	0.1402	0	0.0282	0	0.0255	0	0.3039	0.1402	0.0537	0.498	0	0.548	0.30	0.75
127	11	July	0.3042	0	0.1404	0	0.0283	0	0.0255	0	0.3042	0.1404	0.0538	0.498	0	0.548	0.30	0.75
128	11	August	0.3047	0	0.1406	0	0.0283	0	0.0256	0	0.3047	0.1406	0.0539	0.499	0	0.549	0.30	0.75
129	11	September	0.3048	0	0.1406	0	0.0284	0	0.0256	0	0.3048	0.1406	0.0540	0.499	0	0.550	0.30	0.75
130	11	October	0.3053	0	0.1409	0	0.0284	0	0.0257	0	0.3053	0.1409	0.0541	0.500	0	0.551	0.30	0.75
131	11	November	0.3056	0	0.1410	0	0.0285	0	0.0258	0	0.3056	0.1410	0.0543	0.501	0	0.551	0.30	0.75
132	11	December	0.3060	0	0.1412	0	0.0286	0	0.0258	0	0.3060	0.1412	0.0544	0.502	0	0.552	0.30	0.75
133	11	January	0.3064	0	0.1414	0	0.0286	0	0.0259	0	0.3064	0.1414	0.0545	0.502	0	0.553	0.30	0.75
134	11	February	0.3068	0	0.1416	0	0.0287	0	0.0259	0	0.3068	0.1416	0.0546	0.503	0	0.553	0.30	0.75
135	11	March	0.3071	0	0.1418	0	0.0287	0	0.0260	0	0.3071	0.1418	0.0547	0.504	0	0.554	0.30	0.75
136	11	April	0.3074	0	0.1420	0	0.0288	0	0.0261	0	0.3074	0.1420	0.0549	0.504	0	0.555	0.30	0.75
137	11	May	0.3079	0	0.1422	0	0.0289	0	0.0261	0	0.3079	0.1422	0.0550	0.505	0	0.556	0.30	0.75
138	12	June	0.3084	0	0.1425	0	0.0289	0	0.0262	0	0.3084	0.1425	0.0551	0.506	0	0.557	0.30	0.75
139	12	July	0.3087	0	0.1426	0	0.0290	0	0.0262	0	0.3087	0.1426	0.0552	0.507	0	0.557	0.30	0.75
140	12	August	0.3089	0	0.1427	0	0.0290	0	0.0263	0	0.3089	0.1427	0.0553	0.507	0	0.558	0.30	0.75
141	12	September	0.3091	0	0.1430	0	0.0291	0	0.0264	0	0.3091	0.1430	0.0555	0.508	0	0.558	0.30	0.75
142	12	October	0.3093	0	0.1432	0	0.0292	0	0.0264	0	0.3093	0.1432	0.0556	0.508	0	0.559	0.30	0.75
143	12	November	0.3097	0	0.1434	0	0.0292	0	0.0265	0	0.3097	0.1434	0.0557	0.509	0	0.560	0.30	0.75
144	12	December	0.3101	0	0.1436	0	0.0293	0	0.0265	0	0.3101	0.1436	0.0558	0.510	0	0.560	0.30	0.75
145	12	January	0.3106	0	0.1437	0	0.0293	0	0.0266	0	0.3106	0.1437	0.0559	0.510	0	0.561	0.30	0.75
146	12	February	0.3111	0	0.1440	0	0.0294	0	0.0267	0	0.3111	0.1440	0.0561	0.511	0	0.562	0.30	0.75
147	12	March	0.3112	0	0.1440	0	0.0295	0	0.0267	0	0.3112	0.1440	0.0562	0.511	0	0.562	0.30	0.75
148	12	April	0.3117	0	0.1443	0	0.0295	0	0.0268	0	0.3117	0.1443	0.0563	0.512	0	0.563	0.30	0.75
149	12	May	0.3122	0	0.1445	0	0.0296	0	0.0268	0	0.3122	0.1445	0.0564	0.513	0	0.564	0.30	0.75
150	13	June	0.3123	0	0.1446	0	0.0296	0	0.0269	0	0.3123	0.1446	0.0565	0.513	0	0.565	0.30	0.75
151	13	July	0.3124	0	0.1446	0	0.0297	0	0.0269	0	0.3124	0.1446	0.0566	0.514	0	0.565	0.30	0.75
152	13	August	0.3127	0	0.1448	0	0.0297	0	0.0270	0	0.3127	0.1448	0.0567	0.514	0	0.565	0.30	0.75
153	13	September	0.3129	0	0.1449	0	0.0297	0	0.0270	0	0.3129	0.1449	0.0567	0.515	0	0.566	0.30	0.75
154	13	October	0.3128	0	0.1449	0	0.0298	0	0.0270	0	0.3128	0.1449	0.0568	0.515	0	0.566	0.30	0.75
155	13	November	0.3130	0	0.1450	0	0.0298	0	0.0271	0	0.3130	0.1450	0.0569	0.515	0	0.566	0.30	0.75
156	13	December	0.3133	0	0.1452	0	0.0299	0	0.0271	0	0.3133	0.1452	0.0570	0.516	0	0.567	0.30	0.75
157	13	January	0.3132	0	0.1453	0	0.0299	0	0.0272	0	0.3132	0.1453	0.0571	0.516	0	0.567	0.30	0.75
158	13	February	0.3134	0	0.1453	0	0.0299	0	0.0272	0	0.3134	0.1453	0.0571	0.516	0	0.567	0.30	0.75
159	13	March	0.3136	0	0.1453	0	0.0300	0	0.0272	0	0.3136	0.1453	0.0572	0.516	0	0.567	0.30	0.75
160	13	April	0.3137	0	0.1455	0	0.0300	0	0.0273	0	0.3137	0.1455	0.0573	0.517	0	0.568	0.30	0.75
161	13	May	0.3137	0	0.1455	0	0.0301	0	0.0273	0	0.3137	0.1455	0.0574	0.517	0	0.568	0.30	0.75
162	14	June	0.3138	0	0.1457	0	0.0301	0	0.0274	0	0.3138	0.1457	0.0575	0.517	0	0.568	0.30	0.75
163	14	July	0.															

181	15	January	0.3163	0	0.1477	0	0.0309	0	0.0281	0	0.3163	0.1477	0.0590	0.523	0	0.574	0.30	0.75
182	15	February	0.3162	0	0.1477	0	0.0309	0	0.0282	0	0.3162	0.1477	0.0591	0.523	0	0.574	0.30	0.75
183	15	March	0.3164	0	0.1479	0	0.0309	0	0.0282	0	0.3164	0.1479	0.0591	0.523	0	0.575	0.30	0.75
184	15	April	0.3165	0	0.1480	0	0.0310	0	0.0282	0	0.3165	0.1480	0.0592	0.524	0	0.575	0.30	0.75
185	15	May	0.3166	0	0.1481	0	0.0310	0	0.0283	0	0.3166	0.1481	0.0593	0.524	0	0.575	0.30	0.75
186	16	June	0.3168	0	0.1483	0	0.0311	0	0.0283	0	0.3168	0.1483	0.0594	0.525	0	0.576	0.30	0.75
187	16	July	0.3168	0	0.1483	0	0.0311	0	0.0284	0	0.3168	0.1483	0.0595	0.525	0	0.576	0.30	0.75
188	16	August	0.3170	0	0.1485	0	0.0311	0	0.0284	0	0.3170	0.1485	0.0595	0.525	0	0.576	0.30	0.75
189	16	September	0.3171	0	0.1485	0	0.0312	0	0.0284	0	0.3171	0.1485	0.0596	0.525	0	0.577	0.30	0.75
190	16	October	0.3173	0	0.1487	0	0.0312	0	0.0285	0	0.3173	0.1487	0.0597	0.526	0	0.577	0.30	0.75
191	16	November	0.3176	0	0.1487	0	0.0313	0	0.0285	0	0.3176	0.1487	0.0598	0.526	0	0.578	0.30	0.75
192	16	December	0.3182	0	0.1488	0	0.0313	0	0.0286	0	0.3182	0.1488	0.0599	0.527	0	0.578	0.30	0.75
193	16	January	0.3189	0	0.1490	0	0.0313	0	0.0286	0	0.3189	0.1490	0.0599	0.528	0	0.579	0.30	0.75
194	16	February	0.3193	0	0.1490	0	0.0314	0	0.0286	0	0.3193	0.1490	0.0600	0.528	0	0.580	0.30	0.75
195	16	March	0.3200	0	0.1492	0	0.0314	0	0.0287	0	0.3200	0.1492	0.0601	0.529	0	0.581	0.30	0.75
196	16	April	0.3204	0	0.1493	0	0.0315	0	0.0287	0	0.3204	0.1493	0.0602	0.530	0	0.582	0.30	0.75
197	16	May	0.3207	0	0.1494	0	0.0315	0	0.0288	0	0.3207	0.1494	0.0603	0.530	0	0.582	0.30	0.75
198	17	June	0.3210	0	0.1496	0	0.0315	0	0.0288	0	0.3210	0.1496	0.0603	0.531	0	0.583	0.30	0.75
199	17	July	0.3211	0	0.1496	0	0.0316	0	0.0288	0	0.3211	0.1496	0.0604	0.531	0	0.583	0.30	0.75
200	17	August	0.3214	0	0.1498	0	0.0316	0	0.0289	0	0.3214	0.1498	0.0605	0.532	0	0.584	0.30	0.75
201	17	September	0.3215	0	0.1498	0	0.0317	0	0.0289	0	0.3215	0.1498	0.0606	0.532	0	0.584	0.30	0.75
202	17	October	0.3216	0	0.1500	0	0.0317	0	0.0290	0	0.3216	0.1500	0.0607	0.532	0	0.584	0.30	0.75
203	17	November	0.3219	0	0.1501	0	0.0317	0	0.0290	0	0.3219	0.1501	0.0607	0.533	0	0.585	0.30	0.75
204	17	December	0.3222	0	0.1502	0	0.0318	0	0.0290	0	0.3222	0.1502	0.0608	0.533	0	0.585	0.30	0.75
205	17	January	0.3224	0	0.1503	0	0.0318	0	0.0291	0	0.3224	0.1503	0.0609	0.534	0	0.586	0.30	0.75
206	17	February	0.3225	0	0.1503	0	0.0319	0	0.0291	0	0.3225	0.1503	0.0610	0.534	0	0.586	0.30	0.75
207	17	March	0.3228	0	0.1505	0	0.0319	0	0.0292	0	0.3228	0.1505	0.0611	0.534	0	0.586	0.30	0.75
208	17	April	0.3229	0	0.1506	0	0.0319	0	0.0292	0	0.3229	0.1506	0.0611	0.535	0	0.587	0.30	0.75
209	17	May	0.3231	0	0.1507	0	0.0320	0	0.0292	0	0.3231	0.1507	0.0612	0.535	0	0.587	0.30	0.75
210	18	June	0.3235	0	0.1509	0	0.0320	0	0.0293	0	0.3235	0.1509	0.0613	0.536	0	0.588	0.30	0.75
211	18	July	0.3236	0	0.1509	0	0.0321	0	0.0293	0	0.3236	0.1509	0.0614	0.536	0	0.588	0.30	0.75
212	18	August	0.3238	0	0.1510	0	0.0321	0	0.0294	0	0.3238	0.1510	0.0615	0.536	0	0.588	0.30	0.75
213	18	September	0.3241	0	0.1512	0	0.0321	0	0.0294	0	0.3241	0.1512	0.0615	0.537	0	0.589	0.30	0.75
214	18	October	0.3242	0	0.1512	0	0.0322	0	0.0294	0	0.3242	0.1512	0.0616	0.537	0	0.589	0.30	0.75
215	18	November	0.3245	0	0.1514	0	0.0322	0	0.0295	0	0.3245	0.1514	0.0617	0.538	0	0.590	0.30	0.75
216	18	December	0.3251	0	0.1515	0	0.0323	0	0.0295	0	0.3251	0.1515	0.0618	0.538	0	0.591	0.30	0.75
217	18	January	0.3255	0	0.1516	0	0.0323	0	0.0296	0	0.3255	0.1516	0.0619	0.539	0	0.591	0.30	0.75
218	18	February	0.3259	0	0.1516	0	0.0323	0	0.0296	0	0.3259	0.1516	0.0619	0.539	0	0.592	0.30	0.75
219	18	March	0.3263	0	0.1518	0	0.0324	0	0.0296	0	0.3263	0.1518	0.0620	0.540	0	0.592	0.30	0.75
220	18	April	0.3265	0	0.1519	0	0.0324	0	0.0297	0	0.3265	0.1519	0.0621	0.541	0	0.593	0.30	0.75
221	18	May	0.3266	0	0.1520	0	0.0325	0	0.0297	0	0.3266	0.1520	0.0622	0.541	0	0.593	0.30	0.75
222	19	June	0.3269	0	0.1522	0	0.0325	0	0.0298	0	0.3269	0.1522	0.0623	0.541	0	0.594	0.30	0.75
223	19	July	0.3271	0	0.1522	0	0.0325	0	0.0298	0	0.3271	0.1522	0.0623	0.542	0	0.594	0.30	0.75
224	19	August	0.3272	0	0.1523	0	0.0326	0	0.0298	0	0.3272	0.1523	0.0624	0.542	0	0.594	0.30	0.75
225	19	September	0.3275	0	0.1525	0	0.0326	0	0.0299	0	0.3275	0.1525	0.0625	0.543	0	0.595	0.30	0.75
226	19	October	0.3278	0	0.1526	0	0.0327	0	0.0299	0	0.3278	0.1526	0.0626	0.543	0	0.595	0.30	0.75
227	19	November	0.3279	0	0.1526	0	0.0327	0	0.0300	0	0.3279	0.1526	0.0627	0.543	0	0.596	0.30	0.75
228	19	December	0.3282	0	0.1528	0	0.0327	0	0.0300	0	0.3282	0.1528	0.0627	0.544	0	0.596	0.30	0.75
229	19	January	0.3285	0	0.1529	0	0.0328	0	0.0300	0	0.3285	0.1529	0.0628	0.544	0	0.597	0.30	0.75
230	19	February	0.3290	0	0.1531	0	0.0328	0	0.0301	0	0.3290	0.1531	0.0629	0.545	0	0.598	0.30	0.75
231	19	March	0.3294	0	0.1531	0	0.0328	0	0.0301	0	0.3294	0.1531	0.0629	0.545	0	0.598	0.30	0.75
232	19	April	0.3296	0	0.1531	0	0.0329	0	0.0301	0	0.3296	0.1531	0.0630	0.546	0	0.598	0.30	0.75
233	19	May	0.3298	0	0.1531	0	0.0329	0	0.0301	0	0.3298	0.1531	0.0630	0.546	0	0.599	0.30	0.75
234	20	June	0.3302	0	0.1531	0	0.0329	0	0.0302	0	0.3302	0.1531	0.0631	0.546	0	0.599	0.30	0.75
235	20	July	0.3304	0	0.1531	0	0.0329	0	0.0302	0	0.3304	0.1531	0.0631	0.547	0	0.599	0.30	0.75
236	20	August	0.3306	0	0.1531	0	0.0329	0	0.0302	0	0.3306	0.1531	0.0631	0.547	0	0.599	0.30	0.75
237	20	September	0.3311	0	0.1532	0	0.0330	0	0.0302	0	0.3311	0.1532	0.0632	0.548	0	0.600	0.30	0.75
238	20	October	0.3313	0	0.1532	0	0.0330	0	0.0302	0	0.3313	0.1532	0.0632	0.548	0	0.600	0.30	0.75
239	20	November	0.3315	0	0.1531	0	0.0330	0	0.0303	0	0.3315	0.1531	0.0633	0.548	0	0.601	0.30	0.75
240	20	December	0.3318	0	0.1531	0	0.0330	0	0.0303	0	0.3318	0.1531	0.0633	0.548	0	0.601	0.30	0.75

Permenant Deformation: Total Rutting in Pavement Layers (inch)



Predicted IRI



D. 4. Memoria de cálculo para el diseño de pavimento flexible método MEPDG-Nivel 3

Project: ACnew.dgp

General Information

Design Life 20 years
 Pavement construction month: November, 1990
 Traffic open month: November, 1990

Type of design Flexible

Description:

Analysis Parameters

Analysis type Probabilistic

Performance Criteria

	Limit	Reliability
Initial IRI (in/mi)	63	
Terminal IRI (in/mi)	200	90
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/500):	200	90
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (ft ² /500 ft):	370	90
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/500):	80	90
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.3	90
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90

Default Input Level

Default input level Level 3, Default and historical agency values.

Traffic

Two-way average annual daily truck traffic: 1500
 Number of lanes in design direction: 2
 Percent of trucks in design direction (%): 50
 Percent of trucks in design lane (%): 95
 Operational speed (mph): 55

Traffic -- Monthly Adjustment Factors

Monthly Adjustment Factors (Level 3, Default MAF)

Month	Vehicle Class									
	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13
January	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
February	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
March	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
April	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
May	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
June	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
July	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
August	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
September	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
October	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
November	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
December	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Vehicle Class Distribution

(Level 3, Default Distribution)

AADTT distribution by vehicle class

Class 4 1.3%
 Class 5 8.5%
 Class 6 2.8%
 Class 7 0.3%
 Class 8 7.6%
 Class 9 74.0%
 Class 10 1.2%
 Class 11 3.4%
 Class 12 0.6%
 Class 13 0.3%

Hourly truck traffic distribution

by period beginning:

Midnight	2.3%	Noon	5.9%
1:00 am	2.3%	1:00 pm	5.9%
2:00 am	2.3%	2:00 pm	5.9%
3:00 am	2.3%	3:00 pm	5.9%
4:00 am	2.3%	4:00 pm	4.6%
5:00 am	2.3%	5:00 pm	4.6%
6:00 am	5.0%	6:00 pm	4.6%
7:00 am	5.0%	7:00 pm	4.6%
8:00 am	5.0%	8:00 pm	3.1%
9:00 am	5.0%	9:00 pm	3.1%
10:00 am	5.9%	10:00 pm	3.1%
11:00 am	5.9%	11:00 pm	3.1%

Traffic Growth Factor

Vehicle Class	Growth Rate	Growth Function
Class 4	4.0%	No Growth
Class 5	4.0%	No Growth
Class 6	4.0%	No Growth
Class 7	4.0%	No Growth
Class 8	4.0%	No Growth
Class 9	4.0%	No Growth
Class 10	4.0%	No Growth
Class 11	4.0%	No Growth
Class 12	4.0%	No Growth
Class 13	4.0%	No Growth

Traffic -- Axle Load Distribution Factors

Level 3: Default -- normalized initial axle load distribution factors are summarized in worksheet: "Initial LDF"

Traffic -- General Traffic Inputs

Mean wheel location (inches from the lane marking): 18
Traffic wander standard deviation (in): 10
Design lane width (ft): 12

Number of Axles per Truck

Vehicle Class	Single Axle	Tandem Axle	Tridem Axle	Quad Axle
Class 4	1.62	0.39	0.00	0.00
Class 5	2.00	0.00	0.00	0.00
Class 6	1.02	0.99	0.00	0.00
Class 7	1.00	0.26	0.83	0.00
Class 8	2.38	0.67	0.00	0.00
Class 9	1.13	1.93	0.00	0.00
Class 10	1.19	1.09	0.89	0.00
Class 11	4.29	0.26	0.06	0.00
Class 12	3.52	1.14	0.06	0.00
Class 13	2.15	2.13	0.35	0.00

Axle Configuration

Average axle width (edge-to-edge outside dimensions, ft): 8.5
Dual tire spacing (in): 12

Axle Configuration

Single Tire (psi): 120
Dual Tire (psi): 120

Average Axle Spacing

Tandem axle(psi): 51.6
Tridem axle(psi): 49.2
Quad axle(psi): 49.2

Climate

icm file: C:\DG2002\Projects\Juliaca-DZ.13.icm
Latitude (degrees.minutes) 15.471
Longitude (degrees.minutes) -70.171
Elevation (ft) 12552.49
Depth of water table (ft) 6

Structure--Design Features

Structure--Layers

Layer 1 -- Asphalt concrete

Material type: Asphalt concrete
Layer thickness (in): 5

General Properties

General

Reference temperature (F°): 70
Design frequency (Hz): n/a

Volumetric Properties

Effective binder content (%): 10.9
Air voids (%): 7.7
Total unit weight (pcf): 151

Poisson's ratio: 0.35 (user entered)

Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67
Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

Asphalt Mix

Number of temperatures: 5
Number of frequencies: 4

Temperature °F	Mixture E* (psi)			
	0.1	1	10	25
10	1905935	2375945	2817071	2979287
40	1443321	1909265	2379177	2559585
70	470602.3	754892.1	1126902	1295266
100	143674.8	258490.1	444794.5	542883.4
130	52922.01	96718.08	176748	223227.4

Asphalt Binder

Option: Superpave binder test data

Temperature °F	Angular frequency = 10 rad/sec	
	G*, psi	Delta (°)
59	8700000	49.83
77	1700000	59.98
95	300000	67.64
113	48000	74.06
140	4900	81.75
158	1400	85.34
176	430	87.62
203	98	89.44
221	44	89.48
239	22	89.6

Layer 2 -- A-1-b

Unbound Material: A-1-b
Thickness(in): 12

Strength Properties

Input Level: Level 2
Analysis Type: ICM inputs (Using ICM)
Poisson's ratio: 0.35
Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
CBR: 80
Modulus (calculated) (psi): 42205

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 0
Passing #200 sieve (%): 7
Passing #4 sieve (%): 71
D60 (mm): 5

Thermal Properties

Dry thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): 0.23
Dry heat capacity (BTU/lb-F°): 0.17

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 134.9 (derived)
Specific gravity of solids, Gs: 2.65 (derived)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 167 (derived)
Optimum gravimetric water content (%): 6.6 (derived)
Calculated degree of saturation (%): 78 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	0.258
b	7.5
c	1.06
Hr.	0.0498

Layer 3 -- A-3

Unbound Material: A-3
Thickness(in): Semi-infinite

Strength Properties

Input Level: Level 2
Analysis Type: ICM inputs (Using ICM)
Poisson's ratio: 0.35
Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
CBR: 30
Modulus (calculated) (psi): 22529

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index

Plasticity Index, PI: 0
Passing #200 sieve (%): 10
Passing #4 sieve (%): 80
D60 (mm): 2

Thermal Properties

Dry thermal conductivity (BTU/hr-ft-F°): 0.23
Dry heat capacity (BTU/lb-F°): 0.17

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 129.9 (derived)
Specific gravity of solids, Gs: 2.65 (derived)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 37 (derived)
Optimum gravimetric water content (%): 8 (derived)
Calculated degree of saturation (%): 78 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	0.513
b	7.5
c	0.896
Hr.	0.235

Distress Model Calibration Settings - Flexible

AC Fatigue

Level 3 (Nationally calibrated values)

k1	1
k2	5
k3	-1.4

AC Rutting

Level 4 (Regionally calibrated values)

k1	-3.15552
Br1	1.4
k2	1.734
Br2	1.06
k3	0.3993
Br3	1.05

Standard Deviation Total
Rutting (RUT):

0.4

Thermal Fracture

Level 3 (Nationally calibrated values)

k1

353.47

Std. Dev. (THERMAL):

15

CTB Fatigue

Level 3 (Nationally calibrated values)

k1	1
k2	1

Subgrade Rutting

Level 4 (Regionally calibrated values)

Granular:

k1	1
Bs1	6.58

Fine-grain:

k1	1
Bs1	0.28

AC Cracking

AC Top Down Cracking

C1 (top)	6
C2 (top)	6
C3 (top)	50
C4 (top)	950

Standard Deviation (TOP)

25

AC Bottom Up Cracking

C1 (bottom)	6
C2 (bottom)	6
C3 (bottom)	15
C4 (bottom)	85

Standard Deviation (TOP)

15

CTB Cracking

C1 (CTB)	6
C2 (CTB)	6
C3 (CTB)	15
C4 (CTB)	85

Standard Deviation (CTB)

0.2

IRI

IRI Flexible Pavements with GB

C1 (GB)	0.0463
C2 (GB)	0.00119
C3 (GB)	0.1834
C4 (GB)	0.00384
C5 (GB)	0.00736
C6 (GB)	0.00115
Std. Dev (GB)	0.0387

IRI Flexible Pavements with ATB

C1 (ATB)	0.009995
C2 (ATB)	0.000518
C3 (ATB)	0.00235
C4 (ATB)	18.36
C5 (ATB)	0.9694
Std. Dev (ATB)	0.292

IRI Flexible Pavements with CTB

C1 (CTB)	0.00732
C2 (CTB)	0.07647
C3 (CTB)	0.000145
C4 (CTB)	0.00842
C5 (CTB)	0.000212
Std. Dev (CTB)	0.229

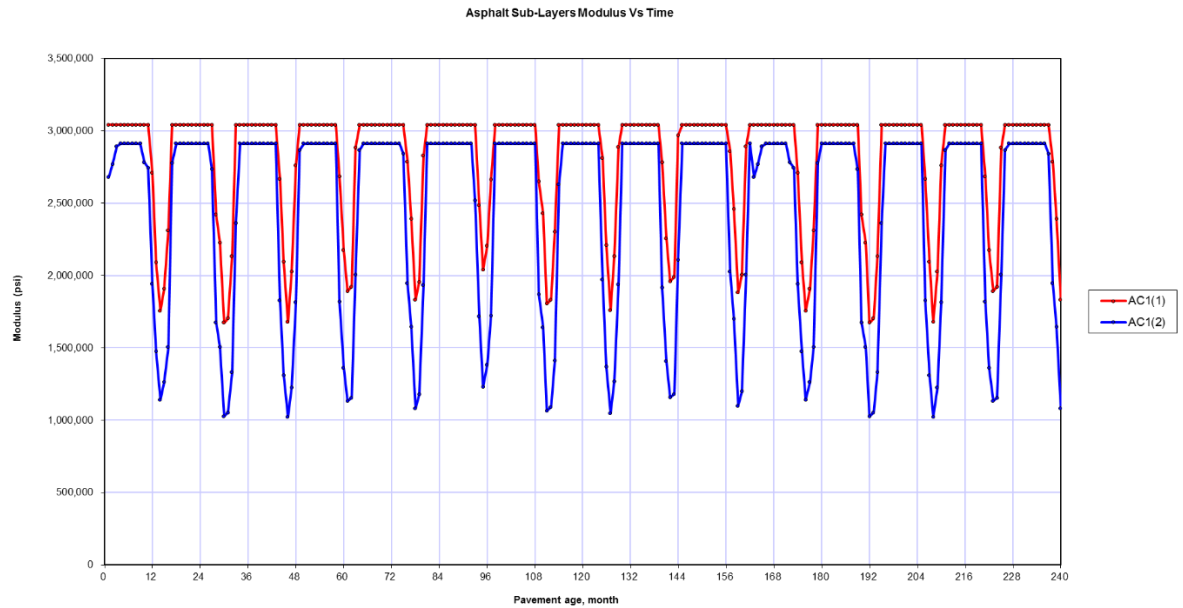
Predicted distress: Project ACnew.dgp

Pavement age		Month	Maximum Surface Down Cracking	Maximum Bottom Up Cracking	Transverse Cracking	Subtotal AC Rutting (in)	Total Rutting (in)	IRI in/mile	Heavy Trucks (cumulative)
mo	yr								
1	0.08	November	52.35	15.21	0	0.008	0.081	110.5	21687
2	0.17	December	52.35	15.21	0	0.009	0.101	112.3	43373
3	0.25	January	52.35	15.22	0	0.01	0.124	114.1	65060
4	0.33	February	52.35	15.22	0.3	0.012	0.13	115.9	86747
5	0.42	March	52.35	15.22	0.3	0.018	0.144	117.7	108434
6	0.5	April	52.35	15.23	0.3	0.03	0.167	119.4	130120
7	0.58	May	52.35	15.23	0.3	0.045	0.195	121.2	151807
8	0.67	June	52.35	15.24	0.3	0.095	0.259	122.9	173494
9	0.75	July	52.35	15.25	0.3	0.144	0.32	124.6	195180
10	0.83	August	52.35	15.26	0.3	0.157	0.342	126.3	216867
11	0.92	September	52.35	15.26	0.3	0.164	0.356	127.9	238554
12	1	October	52.35	15.27	0.3	0.166	0.362	129.5	260241
13	1.08	November	52.35	15.27	0.3	0.166	0.365	131.1	281927
14	1.17	December	52.35	15.27	0.3	0.166	0.367	132.6	303614
15	1.25	January	52.35	15.28	0.3	0.166	0.369	134.2	325301
16	1.33	February	52.35	15.28	0.3	0.166	0.371	135.6	346988
17	1.42	March	52.35	15.28	0.3	0.166	0.373	137.1	368674
18	1.5	April	52.35	15.29	0.3	0.167	0.376	138.5	390361
19	1.58	May	52.35	15.3	0.3	0.175	0.388	139.9	412048
20	1.67	June	52.35	15.31	0.3	0.189	0.408	141.3	433734
21	1.75	July	52.35	15.32	0.3	0.211	0.434	142.6	455421
22	1.83	August	52.35	15.34	0.3	0.228	0.456	143.9	477108
23	1.92	September	52.35	15.35	0.3	0.236	0.468	145.1	498795
24	2	October	52.35	15.35	0.3	0.236	0.471	146.4	520481
25	2.08	November	52.35	15.36	0.3	0.236	0.473	147.6	542168
26	2.17	December	52.36	15.36	0.3	0.236	0.474	148.8	563855
27	2.25	January	52.36	15.36	0.3	0.236	0.479	149.9	585541
28	2.33	February	52.36	15.37	3.2	0.236	0.479	151.1	607228
29	2.42	March	52.36	15.37	3.2	0.237	0.48	152.2	628915
30	2.5	April	52.36	15.38	3.2	0.237	0.483	153.3	650602
31	2.58	May	52.36	15.39	3.2	0.24	0.489	154.3	672288
32	2.67	June	52.36	15.4	3.2	0.251	0.502	155.4	693975
33	2.75	July	52.36	15.42	3.2	0.276	0.53	156.4	715662
34	2.83	August	52.36	15.44	3.2	0.285	0.542	157.4	737348
35	2.92	September	52.36	15.45	3.2	0.289	0.549	158.4	759035
36	3	October	52.36	15.46	3.2	0.29	0.551	159.4	780722
37	3.08	November	52.36	15.46	3.2	0.29	0.552	160.4	802409
38	3.17	December	52.36	15.47	3.2	0.29	0.553	161.3	824095
39	3.25	January	52.37	15.47	3.2	0.29	0.554	162.2	845782
40	3.33	February	52.38	15.48	3.4	0.29	0.554	163.2	867469
41	3.42	March	52.38	15.49	3.4	0.29	0.555	164.1	889155
42	3.5	April	52.38	15.49	3.4	0.29	0.557	165	910842
43	3.58	May	52.38	15.51	3.4	0.292	0.561	165.9	932529
44	3.67	June	52.38	15.53	3.4	0.297	0.568	166.7	954216
45	3.75	July	52.38	15.55	3.4	0.306	0.579	167.6	975902
46	3.83	August	52.38	15.57	3.4	0.314	0.589	168.5	997589
47	3.92	September	52.38	15.59	3.4	0.318	0.594	169.3	1019280
48	4	October	52.38	15.6	3.4	0.318	0.596	171.2	1040960
49	4.08	November	52.38	15.6	3.4	0.318	0.597	172	1062650
50	4.17	December	52.38	15.61	3.4	0.318	0.607	172.8	1084340
51	4.25	January	52.38	15.61	6.3	0.318	0.608	173.6	1106020
52	4.33	February	52.38	15.62	6.5	0.318	0.608	174.4	1127710
53	4.42	March	52.38	15.63	6.8	0.318	0.609	175.2	1149400
54	4.5	April	52.38	15.64	6.8	0.319	0.611	176	1171080
55	4.58	May	52.38	15.66	6.8	0.322	0.615	176.8	1192770
56	4.67	June	52.38	15.69	6.8	0.329	0.624	177.6	1214460

57	4.75	July	52.38	15.72	6.8	0.344	0.64	178.4	1236140
58	4.83	August	52.38	15.75	6.8	0.354	0.652	179.2	1257830
59	4.92	September	52.38	15.77	6.8	0.357	0.656	179.9	1279520
60	5	October	52.38	15.78	6.8	0.358	0.658	180.7	1301200
61	5.08	November	52.38	15.79	6.8	0.358	0.658	181.5	1322890
62	5.17	December	52.38	15.79	6.8	0.358	0.659	182.2	1344580
63	5.25	January	52.39	15.8	6.8	0.358	0.66	183	1366260
64	5.33	February	52.39	15.81	130	0.358	0.66	183.7	1387950
65	5.42	March	52.39	15.82	130	0.358	0.66	184.5	1409640
66	5.5	April	52.39	15.83	130	0.358	0.661	185.2	1431320
67	5.58	May	52.39	15.85	130	0.358	0.663	185.9	1453010
68	5.67	June	52.39	15.88	130	0.363	0.669	186.7	1474700
69	5.75	July	52.39	15.92	130	0.374	0.681	187.4	1496380
70	5.83	August	52.39	15.95	130	0.377	0.685	188.1	1518070
71	5.92	September	52.39	15.98	130	0.379	0.688	188.9	1539760
72	6	October	52.39	16	130	0.38	0.69	189.6	1561440
73	6.08	November	52.39	16	130	0.38	0.69	191.3	1583130
74	6.17	December	52.39	16.01	130	0.38	0.691	192	1604820
75	6.25	January	52.39	16.02	130	0.38	0.691	192.7	1626500
76	6.33	February	52.39	16.03	130	0.38	0.692	193.4	1648190
77	6.42	March	52.39	16.05	130	0.38	0.692	194.1	1669880
78	6.5	April	52.39	16.07	130	0.38	0.693	194.8	1691560
79	6.58	May	52.39	16.11	130	0.382	0.696	195.5	1713250
80	6.67	June	52.39	16.15	130	0.387	0.702	196.2	1734940
81	6.75	July	52.39	16.2	130	0.395	0.711	196.9	1756620
82	6.83	August	52.39	16.25	130	0.402	0.719	197.5	1778310
83	6.92	September	52.39	16.29	130	0.405	0.724	198.2	1800000
84	7	October	52.39	16.32	130	0.406	0.725	198.9	1821680
85	7.08	November	52.39	16.33	130	0.406	0.725	199.6	1843370
86	7.17	December	52.39	16.34	130	0.406	0.726	200.3	1865060
87	7.25	January	52.39	16.35	130	0.406	0.727	201.9	1886740
88	7.33	February	52.39	16.37	176.7	0.406	0.728	202.6	1908430
89	7.42	March	52.39	16.38	176.7	0.406	0.728	203.2	1930120
90	7.5	April	52.39	16.4	176.7	0.406	0.729	204.9	1951800
91	7.58	May	52.39	16.44	176.7	0.407	0.731	205.6	1973490
92	7.67	June	52.39	16.5	176.7	0.412	0.737	206.2	1995180
93	7.75	July	52.39	16.57	176.7	0.424	0.75	206.9	2016860
94	7.83	August	52.39	16.63	176.7	0.429	0.756	207.6	2038550
95	7.92	September	52.39	16.68	176.7	0.432	0.759	207.9	2060240
96	8	October	52.39	16.7	176.7	0.432	0.76	208.5	2081930
97	8.08	November	52.39	16.72	176.7	0.432	0.761	209.8	2103610
98	8.17	December	52.39	16.74	176.7	0.432	0.761	210.5	2125300
99	8.25	January	52.41	16.75	176.7	0.432	0.761	211.1	2146990
100	8.33	February	52.41	16.78	176.7	0.432	0.762	211.7	2168670
101	8.42	March	52.41	16.81	176.7	0.432	0.762	212.4	2190360
102	8.5	April	52.41	16.84	176.7	0.432	0.763	213.1	2212050
103	8.58	May	52.41	16.89	176.7	0.433	0.765	213.6	2233730
104	8.67	June	52.41	16.96	176.7	0.436	0.768	214.6	2255420
105	8.75	July	52.41	17.04	176.7	0.441	0.774	215.2	2277110
106	8.83	August	52.41	17.12	176.7	0.446	0.78	215.9	2298790
107	8.92	September	52.41	17.18	176.7	0.448	0.783	216.5	2320480
108	9	October	52.41	17.22	176.7	0.448	0.783	217.8	2342170
109	9.08	November	52.41	17.24	176.7	0.448	0.784	218.7	2363850
110	9.17	December	52.41	17.25	176.7	0.448	0.789	219.3	2385540
111	9.25	January	52.41	17.28	176.7	0.448	0.789	219.5	2407230
112	9.33	February	52.42	17.3	176.7	0.448	0.79	220.2	2428910
113	9.42	March	52.42	17.33	176.7	0.448	0.79	220.8	2450600
114	9.5	April	52.42	17.39	176.7	0.449	0.791	221.5	2472290
115	9.58	May	52.42	17.46	176.7	0.45	0.793	222.1	2493970
116	9.67	June	52.42	17.55	176.7	0.455	0.799	222.8	2515660
117	9.75	July	52.42	17.66	176.7	0.464	0.809	223.4	2537350
118	9.83	August	52.42	17.77	176.7	0.471	0.816	224.1	2559030
119	9.92	September	52.42	17.85	176.7	0.473	0.819	224.7	2580720
120	10	October	52.42	17.9	176.7	0.473	0.82	225.3	2602410

121	10.1	November	52.43	17.9	176.7	0.474	0.82	226	2602410
122	10.2	December	52.43	17.9	176.7	0.475	0.84	226.6	2624096
123	10.3	January	52.43	17.91	176.7	0.476	0.863	227.2	2645783
124	10.3	February	52.43	17.91	177	0.478	0.869	227.8	2667470
125	10.4	March	52.43	17.91	177	0.484	0.883	228.5	2689157
126	10.5	April	52.43	17.92	177	0.496	0.906	229.1	2710843
127	10.6	May	52.43	17.92	177	0.511	0.934	229.7	2732530
128	10.7	June	52.43	17.93	177	0.561	0.998	230.3	2754217
129	10.8	July	52.43	17.94	177	0.61	1.059	230.9	2775903
130	10.8	August	52.43	17.95	177	0.623	1.081	231.5	2797590
131	10.9	September	52.43	17.95	177	0.63	1.095	232.1	2819277
132	11	October	52.43	17.96	177	0.632	1.101	232.8	2840964
133	11.1	November	52.43	17.96	177	0.632	1.104	233.4	2862650
134	11.2	December	52.43	17.96	177	0.632	1.106	234	2884337
135	11.3	January	52.43	17.97	177	0.632	1.108	234.6	2906024
136	11.3	February	52.43	17.97	177	0.632	1.11	235.2	2927711
137	11.4	March	52.43	17.97	177	0.632	1.112	235.7	2949397
138	11.5	April	52.43	17.98	177	0.633	1.115	236.3	2971084
139	11.6	May	52.43	17.99	177	0.641	1.127	236.9	2992771
140	11.7	June	52.43	18	177	0.655	1.147	237.5	3014457
141	11.8	July	52.43	18.01	177	0.677	1.173	238.1	3036144
142	11.8	August	52.43	18.03	177	0.694	1.195	238.8	3057831
143	11.9	September	52.43	18.04	177	0.702	1.207	239.4	3079518
144	12	October	52.43	18.04	177	0.702	1.21	240.1	3101204
145	12.1	November	52.43	18.05	177	0.702	1.212	240.7	3122891
146	12.2	December	52.44	18.05	177	0.702	1.213	241.4	3144578
147	12.3	January	52.44	18.05	177	0.702	1.218	242	3166264
148	12.3	February	52.44	18.06	179.9	0.702	1.218	242.7	3187951
149	12.4	March	52.44	18.06	179.9	0.703	1.219	243.3	3209638
150	12.5	April	52.44	18.07	179.9	0.703	1.222	243.9	3231325
151	12.6	May	52.44	18.08	179.9	0.706	1.228	244.6	3253011
152	12.7	June	52.44	18.09	179.9	0.717	1.241	245.2	3274698
153	12.8	July	52.44	18.11	179.9	0.742	1.269	245.8	3296385
154	12.8	August	52.44	18.13	179.9	0.751	1.281	246.4	3318071
155	12.9	September	52.44	18.14	179.9	0.755	1.288	247.1	3339758
156	13	October	52.44	18.15	179.9	0.756	1.29	247.7	3361445
157	13.1	November	52.44	18.15	179.9	0.756	1.291	248.3	3383132
158	13.2	December	52.44	18.16	179.9	0.756	1.292	248.9	3404818
159	13.3	January	52.45	18.16	179.9	0.756	1.293	249.5	3426505
160	13.3	February	52.46	18.17	180.1	0.756	1.293	250.1	3448192
161	13.4	March	52.46	18.18	180.1	0.756	1.294	250.7	3469878
162	13.5	April	52.46	18.18	180.1	0.756	1.296	251.4	3491565
163	13.6	May	52.46	18.2	180.1	0.758	1.3	252	3513252
164	13.7	June	52.46	18.22	180.1	0.763	1.307	252.6	3534939
165	13.8	July	52.46	18.24	180.1	0.772	1.318	253.2	3556625
166	13.8	August	52.46	18.26	180.1	0.78	1.328	253.8	3578312
167	13.9	September	52.46	18.28	180.1	0.784	1.333	254.3	3600003
168	14	October	52.46	18.29	180.1	0.784	1.335	254.9	3621683
169	14.1	November	52.46	18.29	180.1	0.784	1.336	255.5	3643373
170	14.2	December	52.46	18.3	180.1	0.784	1.346	256.1	3665063
171	14.3	January	52.46	18.3	183	0.784	1.347	256.7	3686743
172	14.3	February	52.46	18.31	183.2	0.784	1.347	257.4	3708433
173	14.4	March	52.46	18.32	183.5	0.784	1.348	258	3730123
174	14.5	April	52.46	18.33	183.5	0.785	1.35	258.7	3751803
175	14.6	May	52.46	18.35	183.5	0.788	1.354	259.3	3773493
176	14.7	June	52.46	18.38	183.5	0.795	1.363	260	3795183
177	14.8	July	52.46	18.41	183.5	0.81	1.379	260.6	3816863
178	14.8	August	52.46	18.44	183.5	0.82	1.391	261.3	3838553
179	14.9	September	52.46	18.46	183.5	0.823	1.395	261.9	3860243
180	15	October	52.46	18.47	183.5	0.824	1.397	262.5	3881923

181	15.1	November	52.46	18.48	183.5	0.824	1.397	263.2	3903613
182	15.2	December	52.46	18.48	183.5	0.824	1.398	263.8	3925303
183	15.3	January	52.47	18.49	183.5	0.824	1.399	264.4	3946983
184	15.3	February	52.47	18.5	306.7	0.824	1.399	265	3968673
185	15.4	March	52.47	18.51	306.7	0.824	1.399	265.7	3990363
186	15.5	April	52.47	18.52	306.7	0.824	1.4	266.3	4012043
187	15.6	May	52.47	18.54	306.7	0.824	1.402	266.9	4033733
188	15.7	June	52.47	18.57	306.7	0.829	1.408	267.5	4055423
189	15.8	July	52.47	18.61	306.7	0.84	1.42	268.1	4077103
190	15.8	August	52.47	18.64	306.7	0.843	1.424	268.7	4098793
191	15.9	September	52.47	18.67	306.7	0.845	1.427	269.3	4120483
192	16	October	52.47	18.69	306.7	0.846	1.429	270	4142163
193	16.1	November	52.47	18.69	306.7	0.846	1.429	270.6	4163853
194	16.2	December	52.47	18.7	306.7	0.846	1.43	271.2	4185543
195	16.3	January	52.47	18.71	306.7	0.846	1.43	271.8	4207223
196	16.3	February	52.47	18.72	306.7	0.846	1.431	272.4	4228913
197	16.4	March	52.47	18.74	306.7	0.846	1.431	272.9	4250603
198	16.5	April	52.47	18.76	306.7	0.846	1.432	273.5	4272283
199	16.6	May	52.47	18.8	306.7	0.848	1.435	274.1	4293973
200	16.7	June	52.47	18.84	306.7	0.853	1.441	274.7	4315663
201	16.8	July	52.47	18.89	306.7	0.861	1.45	275.3	4337343
202	16.8	August	52.47	18.94	306.7	0.868	1.458	276	4359033
203	16.9	September	52.47	18.98	306.7	0.871	1.463	276.6	4380723
204	17	October	52.47	19.01	306.7	0.872	1.464	277.3	4402403
205	17.1	November	52.47	19.02	306.7	0.872	1.464	277.9	4424093
206	17.2	December	52.47	19.03	306.7	0.872	1.465	278.6	4445783
207	17.3	January	52.47	19.04	306.7	0.872	1.466	279.2	4467463
208	17.3	February	52.47	19.06	353.4	0.872	1.467	279.9	4489153
209	17.4	March	52.47	19.07	353.4	0.872	1.467	280.5	4510843
210	17.5	April	52.47	19.09	353.4	0.872	1.468	281.1	4532523
211	17.6	May	52.47	19.13	353.4	0.873	1.47	281.8	4554213
212	17.7	June	52.47	19.19	353.4	0.878	1.476	282.4	4575903
213	17.8	July	52.47	19.26	353.4	0.89	1.489	283	4597583
214	17.8	August	52.47	19.32	353.4	0.895	1.495	283.6	4619273
215	17.9	September	52.47	19.37	353.4	0.898	1.498	284.3	4640963
216	18	October	52.47	19.39	353.4	0.898	1.499	284.9	4662653
217	18.1	November	52.47	19.41	353.4	0.898	1.5	285.5	4684333
218	18.2	December	52.47	19.43	353.4	0.898	1.5	286.1	4706023
219	18.3	January	52.49	19.44	353.4	0.898	1.5	286.7	4727713
220	18.3	February	52.49	19.47	353.4	0.898	1.501	287.3	4749393
221	18.4	March	52.49	19.5	353.4	0.898	1.501	287.9	4771083
222	18.5	April	52.49	19.53	353.4	0.898	1.502	288.6	4792773
223	18.6	May	52.49	19.58	353.4	0.899	1.504	289.2	4814453
224	18.7	June	52.49	19.65	353.4	0.902	1.507	289.8	4836143
225	18.8	July	52.49	19.73	353.4	0.907	1.513	290.4	4857833
226	18.8	August	52.49	19.81	353.4	0.912	1.519	291	4879513
227	18.9	September	52.49	19.87	353.4	0.914	1.522	291.5	4901203
228	19	October	52.49	19.91	353.4	0.914	1.522	292.1	4922893
229	19.1	November	52.49	19.93	353.4	0.914	1.523	292.7	4944573
230	19.2	December	52.49	19.94	353.4	0.914	1.528	293.3	4966263
231	19.3	January	52.49	19.97	353.4	0.914	1.528	293.9	4987953
232	19.3	February	52.5	19.99	353.4	0.914	1.529	294.6	5009633
233	19.4	March	52.5	20.02	353.4	0.914	1.529	295.2	5031323
234	19.5	April	52.5	20.08	353.4	0.915	1.53	295.9	5053013
235	19.6	May	52.5	20.15	353.4	0.916	1.532	296.5	5074693
236	19.7	June	52.5	20.24	353.4	0.921	1.538	297.2	5096383
237	19.8	July	52.5	20.35	353.4	0.93	1.548	297.8	5118073
238	19.8	August	52.5	20.46	353.4	0.937	1.555	298.5	5139753
239	19.9	September	52.5	20.54	353.4	0.939	1.558	299.1	5161443
240	20	October	52.5	20.59	353.4	0.939	1.559	299.7	5183133



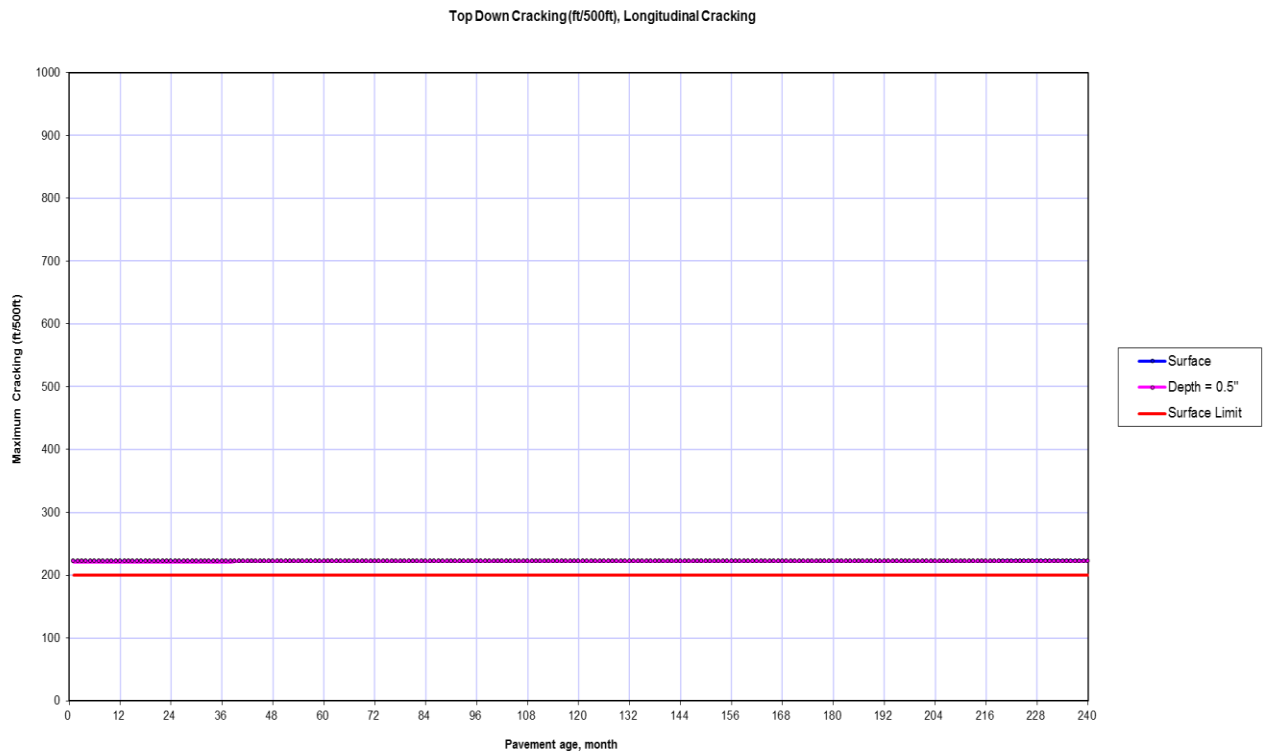
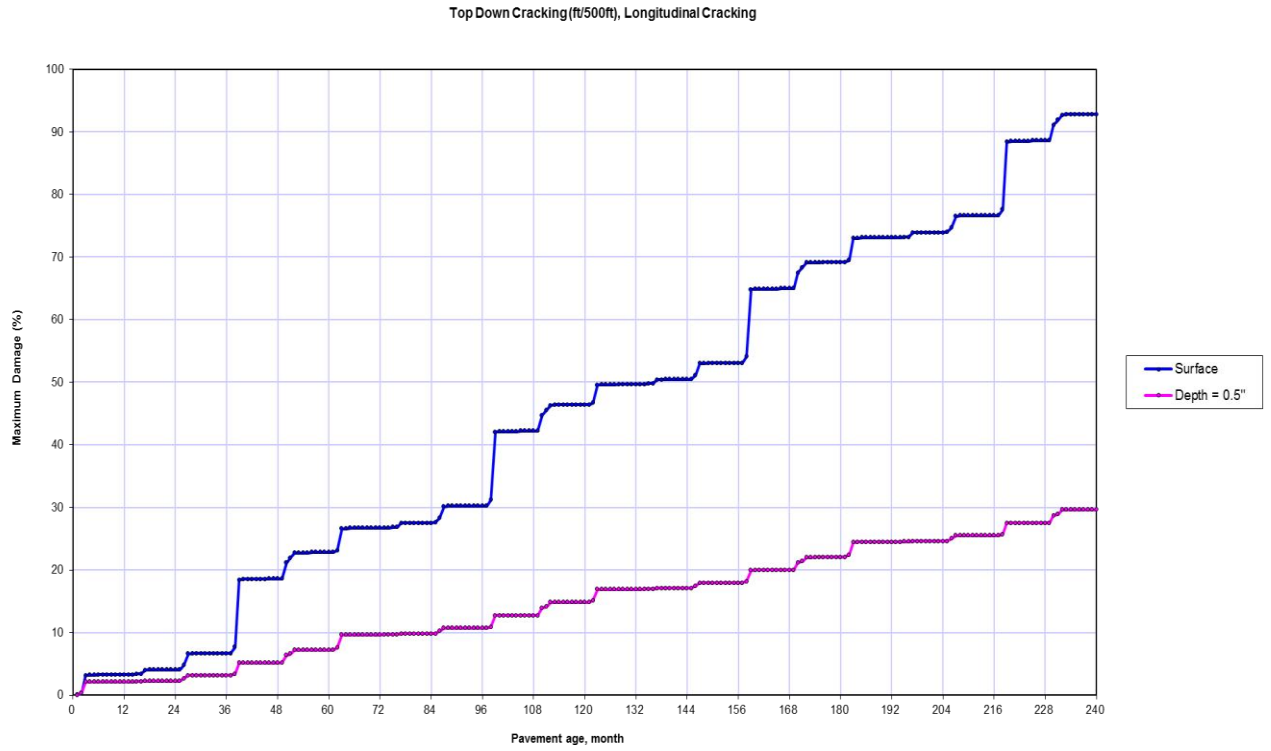
Fatigue Cracking: Project ACnew.dgp

			Top Down at Surface			Top Down at 0.5"				Bottom Up at h _{ac}			
Pavement age		Month	Maximum Damage	Maximum Cracking	Location	Maximum Damage	Maximum Cracking	Location	Maximum Cracking Limit	Maximum Damage	Maximum Cracking	Location	Location
mo	yr		(%)		(in)	(%)		(in)		(%)		(in)	(in)
1	0.08	November	0.0219	222.35	0	0.00945	222.35	0	370	0.165	15.21	0	200
2	0.17	December	0.27	222.35	0	0.34	222.35	0	370	0.319	15.21	0	200
3	0.25	January	3.15	222.35	0	2.08	222.35	0	370	0.409	15.22	0	200
4	0.33	February	3.18	222.35	0	2.09	222.35	0	370	0.638	15.22	0	200
5	0.42	March	3.22	222.35	0	2.1	222.35	0	370	0.919	15.22	0	200
6	0.5	April	3.23	222.35	0	2.1	222.35	0	370	1.23	15.23	0	200
7	0.58	May	3.23	222.35	0	2.1	222.35	0	370	1.59	15.23	0	200
8	0.67	June	3.24	222.35	0	2.1	222.35	0	370	2.14	15.24	0	200
9	0.75	July	3.24	222.35	0	2.1	222.35	0	370	2.76	15.25	0	200
10	0.83	August	3.24	222.35	0	2.1	222.35	0	370	3.31	15.26	0	200
11	0.92	September	3.24	222.35	0	2.1	222.35	0	370	3.79	15.26	0	200
12	1	October	3.25	222.35	0	2.1	222.35	0	370	4.11	15.27	0	200
13	1.08	November	3.26	222.35	0	2.11	222.35	0	370	4.24	15.27	0	200
14	1.17	December	3.28	222.35	0	2.12	222.35	0	370	4.36	15.27	0	200
15	1.25	January	3.36	222.35	0	2.16	222.35	0	370	4.51	15.28	0	200
16	1.33	February	3.37	222.35	0	2.16	222.35	0	370	4.66	15.28	0	200
17	1.42	March	4.01	222.35	0	2.24	222.35	0	370	4.91	15.28	0	200
18	1.5	April	4.02	222.35	0	2.24	222.35	0	370	5.28	15.29	0	200
19	1.58	May	4.03	222.35	0	2.24	222.35	0	370	5.89	15.3	0	200
20	1.67	June	4.03	222.35	0	2.24	222.35	0	370	6.47	15.31	0	200
21	1.75	July	4.03	222.35	0	2.24	222.35	0	370	7.15	15.32	0	200
22	1.83	August	4.03	222.35	0	2.24	222.35	0	370	7.81	15.34	0	200
23	1.92	September	4.04	222.35	0	2.24	222.35	0	370	8.39	15.35	0	200
24	2	October	4.04	222.35	0	2.24	222.35	0	370	8.7	15.35	0	200
25	2.08	November	4.05	222.35	0	2.24	222.35	0	370	8.86	15.36	0	200
26	2.17	December	4.74	222.36	0	2.65	222.35	0	370	9.01	15.36	0	200
27	2.25	January	6.6	222.36	0	3.12	222.35	0	370	9.13	15.36	0	200
28	2.33	February	6.62	222.36	0	3.12	222.35	0	370	9.32	15.37	0	200
29	2.42	March	6.63	222.36	0	3.13	222.35	0	370	9.52	15.37	0	200
30	2.5	April	6.63	222.36	0	3.13	222.35	0	370	9.8	15.38	0	200
31	2.58	May	6.63	222.36	0	3.13	222.35	0	370	10.3	15.39	0	200
32	2.67	June	6.64	222.36	0	3.13	222.35	0	370	10.9	15.4	0	200
33	2.75	July	6.64	222.36	0	3.13	222.35	0	370	11.6	15.42	0	200
34	2.83	August	6.64	222.36	0	3.13	222.35	0	370	12.2	15.44	0	200
35	2.92	September	6.65	222.36	0	3.13	222.35	0	370	12.7	15.45	0	200
36	3	October	6.65	222.36	0	3.13	222.35	0	370	13	15.46	0	200
37	3.08	November	6.65	222.36	0	3.13	222.35	0	370	13.2	15.46	0	200
38	3.17	December	7.69	222.36	0	3.37	222.35	0	370	13.4	15.47	0	200
39	3.25	January	18.4	222.37	0	5.11	222.36	0	370	13.5	15.47	0	200
40	3.33	February	18.5	222.38	0	5.15	222.36	0	370	13.7	15.48	0	200

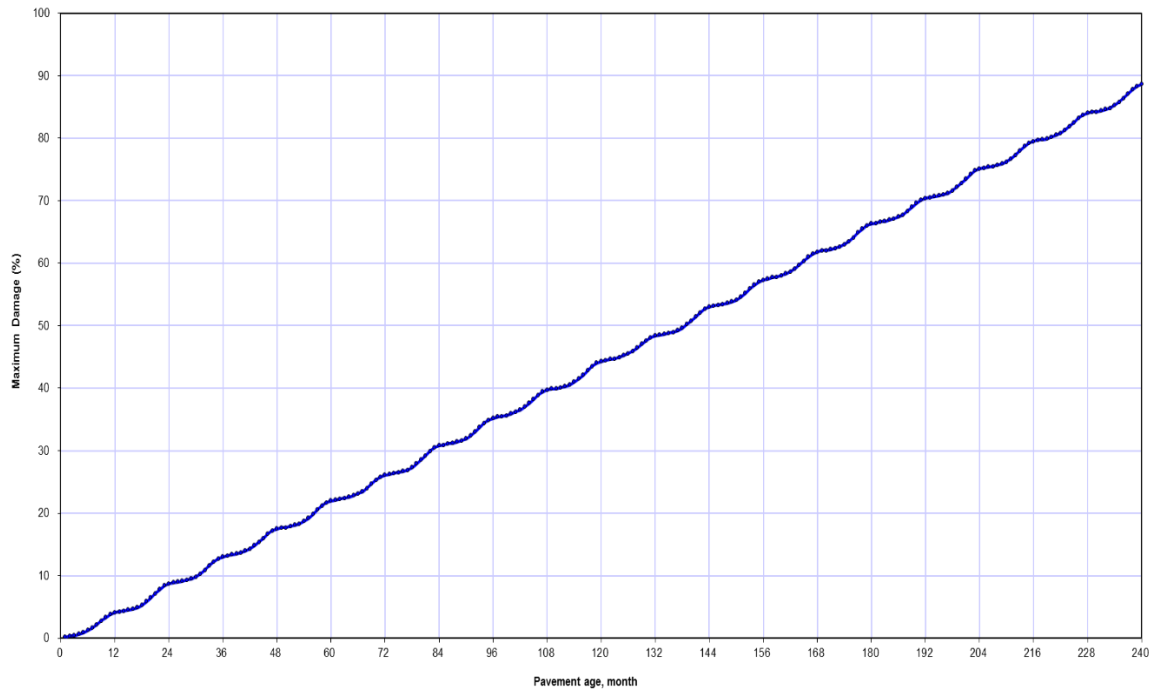
41	3.42	March	18.5	222.38	0	5.15	222.36	0	370	14	15.49	0	200
42	3.5	April	18.5	222.38	0	5.16	222.36	0	370	14.3	15.49	0	200
43	3.58	May	18.5	222.38	0	5.16	222.36	0	370	14.8	15.51	0	200
44	3.67	June	18.5	222.38	0	5.16	222.36	0	370	15.4	15.53	0	200
45	3.75	July	18.5	222.38	0	5.16	222.36	0	370	16	15.55	0	200
46	3.83	August	18.6	222.38	0	5.16	222.36	0	370	16.7	15.57	0	200
47	3.92	September	18.6	222.38	0	5.16	222.36	0	370	17.2	15.59	0	200
48	4	October	18.6	222.38	0	5.16	222.36	0	370	17.5	15.6	0	200
49	4.08	November	18.6	222.38	0	5.17	222.36	0	370	17.7	15.6	0	200
50	4.17	December	21.1	222.38	0	6.37	222.36	0	370	17.7	15.61	0	200
51	4.25	January	21.9	222.38	0	6.58	222.36	0	370	17.9	15.61	0	200
52	4.33	February	22.7	222.38	0	7.2	222.36	0	370	18.1	15.62	0	200
53	4.42	March	22.7	222.38	0	7.2	222.36	0	370	18.3	15.63	0	200
54	4.5	April	22.7	222.38	0	7.21	222.36	0	370	18.7	15.64	0	200
55	4.58	May	22.7	222.38	0	7.21	222.36	0	370	19.2	15.66	0	200
56	4.67	June	22.8	222.38	0	7.21	222.36	0	370	19.8	15.69	0	200
57	4.75	July	22.8	222.38	0	7.21	222.36	0	370	20.6	15.72	0	200
58	4.83	August	22.8	222.38	0	7.21	222.36	0	370	21.2	15.75	0	200
59	4.92	September	22.8	222.38	0	7.21	222.36	0	370	21.7	15.77	0	200
60	5	October	22.8	222.38	0	7.21	222.36	0	370	22	15.78	0	200
61	5.08	November	22.8	222.38	0	7.22	222.36	0	370	22.1	15.79	0	200
62	5.17	December	23.1	222.38	0	7.59	222.36	0	370	22.3	15.79	0	200
63	5.25	January	26.6	222.39	0	9.61	222.36	0	370	22.4	15.8	0	200
64	5.33	February	26.6	222.39	0	9.63	222.36	0	370	22.6	15.81	0	200
65	5.42	March	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	22.8	15.82	0	200
66	5.5	April	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	23.1	15.83	0	200
67	5.58	May	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	23.4	15.85	0	200
68	5.67	June	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	24	15.88	0	200
69	5.75	July	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	24.7	15.92	0	200
70	5.83	August	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	25.3	15.95	0	200
71	5.92	September	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	25.8	15.98	0	200
72	6	October	26.7	222.39	0	9.64	222.36	0	370	26.1	16	0	200
73	6.08	November	26.7	222.39	0	9.65	222.36	0	370	26.2	16	0	200
74	6.17	December	26.7	222.39	0	9.66	222.36	0	370	26.4	16.01	0	200
75	6.25	January	26.8	222.39	0	9.7	222.36	0	370	26.5	16.02	0	200
76	6.33	February	26.8	222.39	0	9.7	222.36	0	370	26.7	16.03	0	200
77	6.42	March	27.5	222.39	0	9.77	222.36	0	370	26.9	16.05	0	200
78	6.5	April	27.5	222.39	0	9.77	222.36	0	370	27.3	16.07	0	200
79	6.58	May	27.5	222.39	0	9.77	222.36	0	370	27.9	16.11	0	200
80	6.67	June	27.5	222.39	0	9.77	222.36	0	370	28.5	16.15	0	200
81	6.75	July	27.5	222.39	0	9.77	222.36	0	370	29.2	16.2	0	200
82	6.83	August	27.5	222.39	0	9.78	222.36	0	370	29.9	16.25	0	200
83	6.92	September	27.5	222.39	0	9.78	222.36	0	370	30.5	16.29	0	200
84	7	October	27.5	222.39	0	9.78	222.36	0	370	30.8	16.32	0	200
85	7.08	November	27.6	222.39	0	9.78	222.36	0	370	30.9	16.33	0	200
86	7.17	December	28.3	222.39	0	10.2	222.36	0	370	31.1	16.34	0	200
87	7.25	January	30.1	222.39	0	10.7	222.36	0	370	31.2	16.35	0	200
88	7.33	February	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	31.4	16.37	0	200
89	7.42	March	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	31.6	16.38	0	200
90	7.5	April	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	31.9	16.4	0	200
91	7.58	May	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	32.4	16.44	0	200
92	7.67	June	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	33	16.5	0	200
93	7.75	July	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	33.7	16.57	0	200
94	7.83	August	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	34.4	16.63	0	200
95	7.92	September	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	34.9	16.68	0	200
96	8	October	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	35.2	16.7	0	200
97	8.08	November	30.2	222.39	0	10.7	222.36	0	370	35.4	16.72	0	200
98	8.17	December	31.2	222.39	0	10.9	222.36	0	370	35.5	16.74	0	200
99	8.25	January	42	222.41	0	12.7	222.37	0	370	35.6	16.75	0	200
100	8.33	February	42.1	222.41	0	12.7	222.37	0	370	35.9	16.78	0	200
101	8.42	March	42.1	222.41	0	12.7	222.37	0	370	36.2	16.81	0	200
102	8.5	April	42.1	222.41	0	12.7	222.37	0	370	36.5	16.84	0	200
103	8.58	May	42.1	222.41	0	12.7	222.37	0	370	37	16.89	0	200
104	8.67	June	42.1	222.41	0	12.7	222.37	0	370	37.6	16.96	0	200
105	8.75	July	42.2	222.41	0	12.7	222.37	0	370	38.2	17.04	0	200
106	8.83	August	42.2	222.41	0	12.7	222.37	0	370	38.9	17.12	0	200
107	8.92	September	42.2	222.41	0	12.7	222.37	0	370	39.4	17.18	0	200
108	9	October	42.2	222.41	0	12.7	222.37	0	370	39.7	17.22	0	200
109	9.08	November	42.2	222.41	0	12.7	222.37	0	370	39.9	17.24	0	200
110	9.17	December	44.7	222.41	0	13.9	222.37	0	370	39.9	17.25	0	200
111	9.25	January	45.5	222.41	0	14.1	222.37	0	370	40.1	17.28	0	200
112	9.33	February	46.3	222.42	0	14.8	222.37	0	370	40.3	17.3	0	200
113	9.42	March	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	40.5	17.33	0	200
114	9.5	April	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	41	17.39	0	200
115	9.58	May	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	41.5	17.46	0	200

116	9.67	June	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	42.1	17.55	0	200
117	9.75	July	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	42.8	17.66	0	200
118	9.83	August	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	43.5	17.77	0	200
119	9.92	September	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	44	17.85	0	200
120	10	October	46.4	222.42	0	14.8	222.37	0	370	44.3	17.9	0	200
121	10.1	November	46.4219	222.43	0	14.80945	222.38	0	370	44.465	17.9	0	200
122	10.2	December	46.67	222.43	0	15.14	222.38	0	370	44.619	17.9	0	200
123	10.3	January	49.55	222.43	0	16.88	222.38	0	370	44.709	17.91	0	200
124	10.3	February	49.58	222.43	0	16.89	222.38	0	370	44.938	17.91	0	200
125	10.4	March	49.62	222.43	0	16.9	222.38	0	370	45.219	17.91	0	200
126	10.5	April	49.63	222.43	0	16.9	222.38	0	370	45.53	17.92	0	200
127	10.6	May	49.63	222.43	0	16.9	222.38	0	370	45.89	17.92	0	200
128	10.7	June	49.64	222.43	0	16.9	222.38	0	370	46.44	17.93	0	200
129	10.8	July	49.64	222.43	0	16.9	222.38	0	370	47.06	17.94	0	200
130	10.8	August	49.64	222.43	0	16.9	222.38	0	370	47.61	17.95	0	200
131	10.9	September	49.64	222.43	0	16.9	222.38	0	370	48.09	17.95	0	200
132	11	October	49.65	222.43	0	16.9	222.38	0	370	48.41	17.96	0	200
133	11.1	November	49.66	222.43	0	16.91	222.38	0	370	48.54	17.96	0	200
134	11.2	December	49.68	222.43	0	16.92	222.38	0	370	48.66	17.96	0	200
135	11.3	January	49.76	222.43	0	16.96	222.38	0	370	48.81	17.97	0	200
136	11.3	February	49.77	222.43	0	16.96	222.38	0	370	48.96	17.97	0	200
137	11.4	March	50.41	222.43	0	17.04	222.38	0	370	49.21	17.97	0	200
138	11.5	April	50.42	222.43	0	17.04	222.38	0	370	49.58	17.98	0	200
139	11.6	May	50.43	222.43	0	17.04	222.38	0	370	50.19	17.99	0	200
140	11.7	June	50.43	222.43	0	17.04	222.38	0	370	50.77	18	0	200
141	11.8	July	50.43	222.43	0	17.04	222.38	0	370	51.45	18.01	0	200
142	11.8	August	50.43	222.43	0	17.04	222.38	0	370	52.11	18.03	0	200
143	11.9	September	50.44	222.43	0	17.04	222.38	0	370	52.69	18.04	0	200
144	12	October	50.44	222.43	0	17.04	222.38	0	370	53	18.04	0	200
145	12.1	November	50.45	222.43	0	17.04	222.38	0	370	53.16	18.05	0	200
146	12.2	December	51.14	222.44	0	17.45	222.38	0	370	53.31	18.05	0	200
147	12.3	January	53	222.44	0	17.92	222.38	0	370	53.43	18.05	0	200
148	12.3	February	53.02	222.44	0	17.92	222.38	0	370	53.62	18.06	0	200
149	12.4	March	53.03	222.44	0	17.93	222.38	0	370	53.82	18.06	0	200
150	12.5	April	53.03	222.44	0	17.93	222.38	0	370	54.1	18.07	0	200
151	12.6	May	53.03	222.44	0	17.93	222.38	0	370	54.6	18.08	0	200
152	12.7	June	53.04	222.44	0	17.93	222.38	0	370	55.2	18.09	0	200
153	12.8	July	53.04	222.44	0	17.93	222.38	0	370	55.9	18.11	0	200
154	12.8	August	53.04	222.44	0	17.93	222.38	0	370	56.5	18.13	0	200
155	12.9	September	53.05	222.44	0	17.93	222.38	0	370	57	18.14	0	200
156	13	October	53.05	222.44	0	17.93	222.38	0	370	57.3	18.15	0	200
157	13.1	November	53.05	222.44	0	17.93	222.38	0	370	57.5	18.15	0	200
158	13.2	December	54.09	222.44	0	18.17	222.38	0	370	57.7	18.16	0	200
159	13.3	January	64.8	222.45	0	19.91	222.39	0	370	57.8	18.16	0	200
160	13.3	February	64.9	222.46	0	19.95	222.39	0	370	58	18.17	0	200
161	13.4	March	64.9	222.46	0	19.95	222.39	0	370	58.3	18.18	0	200
162	13.5	April	64.9	222.46	0	19.96	222.39	0	370	58.6	18.18	0	200
163	13.6	May	64.9	222.46	0	19.96	222.39	0	370	59.1	18.2	0	200
164	13.7	June	64.9	222.46	0	19.96	222.39	0	370	59.7	18.22	0	200
165	13.8	July	64.9	222.46	0	19.96	222.39	0	370	60.3	18.24	0	200
166	13.8	August	65	222.46	0	19.96	222.39	0	370	61	18.26	0	200
167	13.9	September	65	222.46	0	19.96	222.39	0	370	61.5	18.28	0	200
168	14	October	65	222.46	0	19.96	222.39	0	370	61.8	18.29	0	200
169	14.1	November	65	222.46	0	19.97	222.39	0	370	62	18.29	0	200
170	14.2	December	67.5	222.46	0	21.17	222.39	0	370	62	18.3	0	200
171	14.3	January	68.3	222.46	0	21.38	222.39	0	370	62.2	18.3	0	200
172	14.3	February	69.1	222.46	0	22	222.39	0	370	62.4	18.31	0	200
173	14.4	March	69.1	222.46	0	22	222.39	0	370	62.6	18.32	0	200
174	14.5	April	69.1	222.46	0	22.01	222.39	0	370	63	18.33	0	200
175	14.6	May	69.1	222.46	0	22.01	222.39	0	370	63.5	18.35	0	200
176	14.7	June	69.2	222.46	0	22.01	222.39	0	370	64.1	18.38	0	200
177	14.8	July	69.2	222.46	0	22.01	222.39	0	370	64.9	18.41	0	200
178	14.8	August	69.2	222.46	0	22.01	222.39	0	370	65.5	18.44	0	200
179	14.9	September	69.2	222.46	0	22.01	222.39	0	370	66	18.46	0	200
180	15	October	69.2	222.46	0	22.01	222.39	0	370	66.3	18.47	0	200
181	15.1	November	69.2	222.46	0	22.02	222.39	0	370	66.4	18.48	0	200
182	15.2	December	69.5	222.46	0	22.39	222.39	0	370	66.6	18.48	0	200
183	15.3	January	73	222.47	0	24.41	222.39	0	370	66.7	18.49	0	200
184	15.3	February	73	222.47	0	24.43	222.39	0	370	66.9	18.5	0	200
185	15.4	March	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	67.1	18.51	0	200

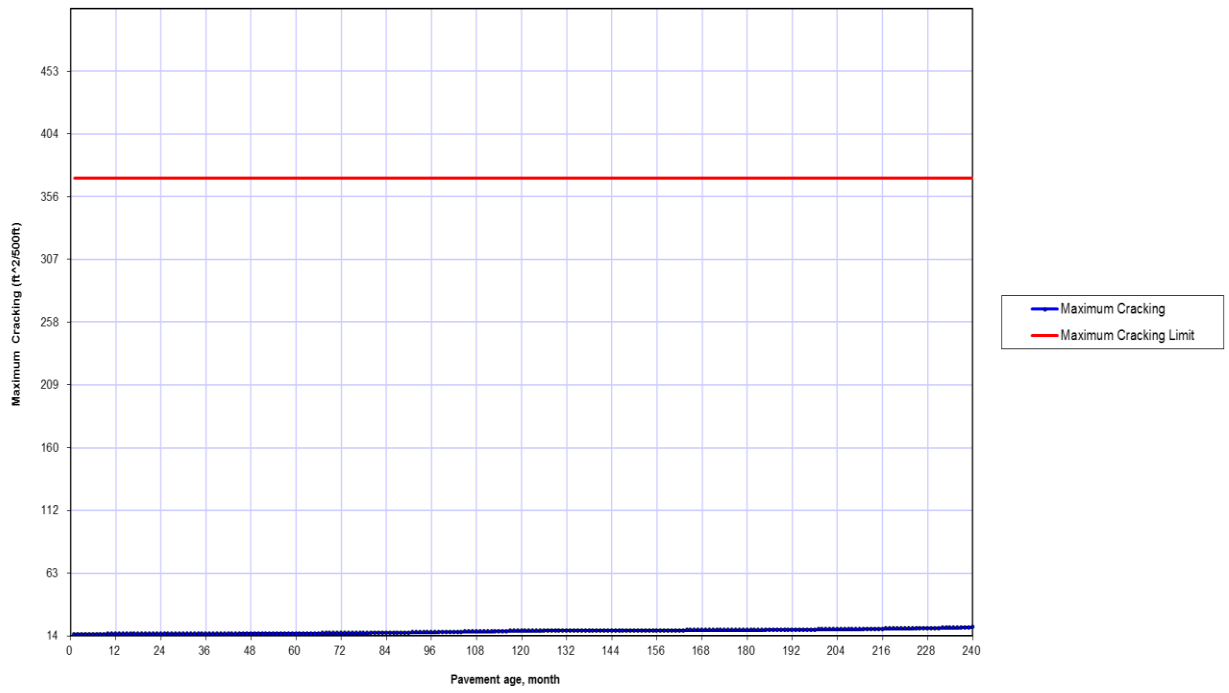
186	15.5	April	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	67.4	18.52	0	200
187	15.6	May	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	67.7	18.54	0	200
188	15.7	June	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	68.3	18.57	0	200
189	15.8	July	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	69	18.61	0	200
190	15.8	August	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	69.6	18.64	0	200
191	15.9	September	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	70.1	18.67	0	200
192	16	October	73.1	222.47	0	24.44	222.39	0	370	70.4	18.69	0	200
193	16.1	November	73.1	222.47	0	24.45	222.39	0	370	70.5	18.69	0	200
194	16.2	December	73.1	222.47	0	24.46	222.39	0	370	70.7	18.7	0	200
195	16.3	January	73.2	222.47	0	24.5	222.39	0	370	70.8	18.71	0	200
196	16.3	February	73.2	222.47	0	24.5	222.39	0	370	71	18.72	0	200
197	16.4	March	73.9	222.47	0	24.57	222.39	0	370	71.2	18.74	0	200
198	16.5	April	73.9	222.47	0	24.57	222.39	0	370	71.6	18.76	0	200
199	16.6	May	73.9	222.47	0	24.57	222.39	0	370	72.2	18.8	0	200
200	16.7	June	73.9	222.47	0	24.57	222.39	0	370	72.8	18.84	0	200
201	16.8	July	73.9	222.47	0	24.57	222.39	0	370	73.5	18.89	0	200
202	16.8	August	73.9	222.47	0	24.58	222.39	0	370	74.2	18.94	0	200
203	16.9	September	73.9	222.47	0	24.58	222.39	0	370	74.8	18.98	0	200
204	17	October	73.9	222.47	0	24.58	222.39	0	370	75.1	19.01	0	200
205	17.1	November	74	222.47	0	24.58	222.39	0	370	75.2	19.02	0	200
206	17.2	December	74.7	222.47	0	25	222.39	0	370	75.4	19.03	0	200
207	17.3	January	76.5	222.47	0	25.5	222.39	0	370	75.5	19.04	0	200
208	17.3	February	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	75.7	19.06	0	200
209	17.4	March	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	75.9	19.07	0	200
210	17.5	April	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	76.2	19.09	0	200
211	17.6	May	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	76.7	19.13	0	200
212	17.7	June	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	77.3	19.19	0	200
213	17.8	July	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	78	19.26	0	200
214	17.8	August	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	78.7	19.32	0	200
215	17.9	September	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	79.2	19.37	0	200
216	18	October	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	79.5	19.39	0	200
217	18.1	November	76.6	222.47	0	25.5	222.39	0	370	79.7	19.41	0	200
218	18.2	December	77.6	222.47	0	25.7	222.39	0	370	79.8	19.43	0	200
219	18.3	January	88.4	222.49	0	27.5	222.4	0	370	79.9	19.44	0	200
220	18.3	February	88.5	222.49	0	27.5	222.4	0	370	80.2	19.47	0	200
221	18.4	March	88.5	222.49	0	27.5	222.4	0	370	80.5	19.5	0	200
222	18.5	April	88.5	222.49	0	27.5	222.4	0	370	80.8	19.53	0	200
223	18.6	May	88.5	222.49	0	27.5	222.4	0	370	81.3	19.58	0	200
224	18.7	June	88.5	222.49	0	27.5	222.4	0	370	81.9	19.65	0	200
225	18.8	July	88.6	222.49	0	27.5	222.4	0	370	82.5	19.73	0	200
226	18.8	August	88.6	222.49	0	27.5	222.4	0	370	83.2	19.81	0	200
227	18.9	September	88.6	222.49	0	27.5	222.4	0	370	83.7	19.87	0	200
228	19	October	88.6	222.49	0	27.5	222.4	0	370	84	19.91	0	200
229	19.1	November	88.6	222.49	0	27.5	222.4	0	370	84.2	19.93	0	200
230	19.2	December	91.1	222.49	0	28.7	222.4	0	370	84.2	19.94	0	200
231	19.3	January	91.9	222.49	0	28.9	222.4	0	370	84.4	19.97	0	200
232	19.3	February	92.7	222.5	0	29.6	222.4	0	370	84.6	19.99	0	200
233	19.4	March	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	84.8	20.02	0	200
234	19.5	April	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	85.3	20.08	0	200
235	19.6	May	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	85.8	20.15	0	200
236	19.7	June	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	86.4	20.24	0	200
237	19.8	July	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	87.1	20.35	0	200
238	19.8	August	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	87.8	20.46	0	200
239	19.9	September	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	88.3	20.54	0	200
240	20	October	92.8	222.5	0	29.6	222.4	0	370	88.6	20.59	0	200



Bottom Up Cracking (ft²/500ft), Alligator Cracking



Bottom Up Cracking (ft²/500ft), Alligator Cracking



Thermal Cracking: Project ACnew.dgp

Pavement age		Month	Crack depth ft	C/h _{ac}	Crack Length ft/500ft	Average Crack Spacing ft	AC Thermal Fracture
mo	yr		C _{ave}				
1	0.08	November	0	0	0	500	80
2	0.17	December	0	0	0	500	80
3	0.25	January	0.00000506	0.00000101	0	500	80
4	0.33	February	0.0205	0.00411	0.3	500	80
5	0.42	March	0.0205	0.00411	0.3	500	80
6	0.5	April	0.0205	0.00411	0.3	500	80
7	0.58	May	0.0205	0.00411	0.3	500	80
8	0.67	June	0.0205	0.00411	0.3	500	80
9	0.75	July	0.0205	0.00411	0.3	500	80
10	0.83	August	0.0205	0.00411	0.3	500	80
11	0.92	September	0.0205	0.00411	0.3	500	80
12	1	October	0.0205	0.00411	0.3	500	80
13	1.08	November	0.0205	0.00411	0.3	500	80
14	1.17	December	0.0205	0.00411	0.3	500	80
15	1.25	January	0.0205	0.00411	0.3	500	80
16	1.33	February	0.0206	0.00411	0.3	500	80
17	1.42	March	0.0206	0.00411	0.3	500	80
18	1.5	April	0.0206	0.00412	0.3	500	80
19	1.58	May	0.0206	0.00412	0.3	500	80
20	1.67	June	0.0206	0.00412	0.3	500	80
21	1.75	July	0.0206	0.00412	0.3	500	80
22	1.83	August	0.0206	0.00412	0.3	500	80
23	1.92	September	0.0206	0.00412	0.3	500	80
24	2	October	0.0206	0.00412	0.3	500	80
25	2.08	November	0.0206	0.00412	0.3	500	80
26	2.17	December	0.0206	0.00412	0.3	500	80
27	2.25	January	0.0209	0.00419	0.4	500	80
28	2.33	February	0.0761	0.0152	3.2	500	80
29	2.42	March	0.0761	0.0152	3.2	500	80
30	2.5	April	0.0761	0.0152	3.2	500	80
31	2.58	May	0.0761	0.0152	3.2	500	80
32	2.67	June	0.0761	0.0152	3.2	500	80
33	2.75	July	0.0761	0.0152	3.2	500	80
34	2.83	August	0.0761	0.0152	3.2	500	80
35	2.92	September	0.0761	0.0152	3.2	500	80
36	3	October	0.0761	0.0152	3.2	500	80
37	3.08	November	0.0761	0.0152	3.2	500	80
38	3.17	December	0.0761	0.0152	3.2	500	80
39	3.25	January	0.0762	0.0152	3.2	500	80
40	3.33	February	0.0794	0.0159	3.4	500	80
41	3.42	March	0.0794	0.0159	3.4	500	80
42	3.5	April	0.0794	0.0159	3.4	500	80
43	3.58	May	0.0794	0.0159	3.4	500	80
44	3.67	June	0.0794	0.0159	3.4	500	80
45	3.75	July	0.0794	0.0159	3.4	500	80
46	3.83	August	0.0794	0.0159	3.4	500	80
47	3.92	September	0.0794	0.0159	3.4	500	80
48	4	October	0.0794	0.0159	3.4	500	80
49	4.08	November	0.0794	0.0159	3.4	500	80
50	4.17	December	0.0794	0.0159	3.4	500	80

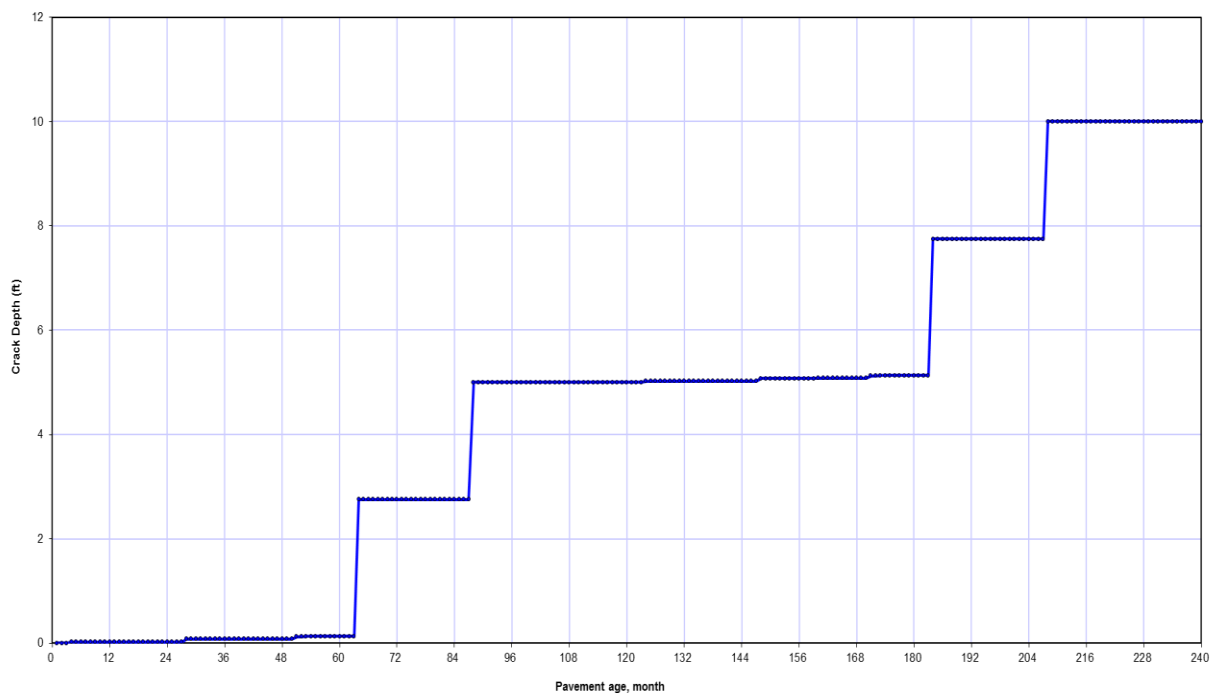
51	4.25	January	0.122	0.0243	6.3	500	80
52	4.33	February	0.124	0.0248	6.5	500	80
53	4.42	March	0.128	0.0256	6.8	500	80
54	4.5	April	0.128	0.0256	6.8	500	80
55	4.58	May	0.128	0.0256	6.8	500	80
56	4.67	June	0.128	0.0256	6.8	500	80
57	4.75	July	0.128	0.0256	6.8	500	80
58	4.83	August	0.128	0.0256	6.8	500	80
59	4.92	September	0.128	0.0256	6.8	500	80
60	5	October	0.128	0.0256	6.8	500	80
61	5.08	November	0.128	0.0256	6.8	500	80
62	5.17	December	0.128	0.0256	6.8	500	80
63	5.25	January	0.129	0.0257	6.8	500	80
64	5.33	February	2.75	0.55	130	500	80
65	5.42	March	2.75	0.55	130	500	80
66	5.5	April	2.75	0.55	130	500	80
67	5.58	May	2.75	0.55	130	500	80
68	5.67	June	2.75	0.55	130	500	80
69	5.75	July	2.75	0.55	130	500	80
70	5.83	August	2.75	0.55	130	500	80
71	5.92	September	2.75	0.55	130	500	80
72	6	October	2.75	0.55	130	500	80
73	6.08	November	2.75	0.55	130	500	80
74	6.17	December	2.75	0.55	130	500	80
75	6.25	January	2.75	0.55	130	500	80
76	6.33	February	2.75	0.55	130	500	80
77	6.42	March	2.75	0.55	130	500	80
78	6.5	April	2.75	0.55	130	500	80
79	6.58	May	2.75	0.55	130	500	80
80	6.67	June	2.75	0.55	130	500	80
81	6.75	July	2.75	0.55	130	500	80
82	6.83	August	2.75	0.55	130	500	80
83	6.92	September	2.75	0.55	130	500	80
84	7	October	2.75	0.55	130	500	80
85	7.08	November	2.75	0.55	130	500	80
86	7.17	December	2.75	0.55	130	500	80
87	7.25	January	2.75	0.55	130	500	80
88	7.33	February	5	1	176.7	500	80
89	7.42	March	5	1	176.7	500	80
90	7.5	April	5	1	176.7	500	80
91	7.58	May	5	1	176.7	500	80
92	7.67	June	5	1	176.7	500	80
93	7.75	July	5	1	176.7	500	80
94	7.83	August	5	1	176.7	500	80
95	7.92	September	5	1	176.7	500	80
96	8	October	5	1	176.7	500	80
97	8.08	November	5	1	176.7	500	80
98	8.17	December	5	1	176.7	500	80
99	8.25	January	5	1	176.7	500	80
100	8.33	February	5	1	176.7	500	80
101	8.42	March	5	1	176.7	500	80
102	8.5	April	5	1	176.7	500	80
103	8.58	May	5	1	176.7	500	80
104	8.67	June	5	1	176.7	500	80
105	8.75	July	5	1	176.7	500	80
106	8.83	August	5	1	176.7	500	80
107	8.92	September	5	1	176.7	500	80
108	9	October	5	1	176.7	500	80
109	9.08	November	5	1	176.7	500	80
110	9.17	December	5	1	176.7	500	80

111	9.25	January	5	1	176.7	500	80
112	9.33	February	5	1	176.7	500	80
113	9.42	March	5	1	176.7	500	80
114	9.5	April	5	1	176.7	500	80
115	9.58	May	5	1	176.7	500	80
116	9.67	June	5	1	176.7	500	80
117	9.75	July	5	1	176.7	500	80
118	9.83	August	5	1	176.7	500	80
119	9.92	September	5	1	176.7	500	80
120	10	October	5	1	176.7	500	80
121	10.1	November	5	1	176.7	500	80
122	10.2	December	5	1	176.7	500	80
123	10.3	January	5.00001	1.00000	176.7	500	80
124	10.3	February	5.02050	1.00411	177	500	80
125	10.4	March	5.02050	1.00411	177	500	80
126	10.5	April	5.02050	1.00411	177	500	80
127	10.6	May	5.02050	1.00411	177	500	80
128	10.7	June	5.02050	1.00411	177	500	80
129	10.8	July	5.02050	1.00411	177	500	80
130	10.8	August	5.02050	1.00411	177	500	80
131	10.9	September	5.02050	1.00411	177	500	80
132	11	October	5.02050	1.00411	177	500	80
133	11.1	November	5.02050	1.00411	177	500	80
134	11.2	December	5.02050	1.00411	177	500	80
135	11.3	January	5.02050	1.00411	177	500	80
136	11.3	February	5.02060	1.00411	177	500	80
137	11.4	March	5.02060	1.00411	177	500	80
138	11.5	April	5.02060	1.00412	177	500	80
139	11.6	May	5.02060	1.00412	177	500	80
140	11.7	June	5.02060	1.00412	177	500	80
141	11.8	July	5.02060	1.00412	177	500	80
142	11.8	August	5.02060	1.00412	177	500	80
143	11.9	September	5.02060	1.00412	177	500	80
144	12	October	5.02060	1.00412	177	500	80
145	12.1	November	5.02060	1.00412	177	500	80
146	12.2	December	5.02060	1.00412	177	500	80
147	12.3	January	5.02090	1.00419	177.1	500	80
148	12.3	February	5.07610	1.01520	179.9	500	80
149	12.4	March	5.07610	1.01520	179.9	500	80
150	12.5	April	5.07610	1.01520	179.9	500	80
151	12.6	May	5.07610	1.01520	179.9	500	80
152	12.7	June	5.07610	1.01520	179.9	500	80
153	12.8	July	5.07610	1.01520	179.9	500	80
154	12.8	August	5.07610	1.01520	179.9	500	80
155	12.9	September	5.07610	1.01520	179.9	500	80
156	13	October	5.07610	1.01520	179.9	500	80
157	13.1	November	5.07610	1.01520	179.9	500	80
158	13.2	December	5.07610	1.01520	179.9	500	80
159	13.3	January	5.07620	1.01520	179.9	500	80
160	13.3	February	5.07940	1.01590	180.1	500	80
161	13.4	March	5.07940	1.01590	180.1	500	80
162	13.5	April	5.07940	1.01590	180.1	500	80
163	13.6	May	5.07940	1.01590	180.1	500	80
164	13.7	June	5.07940	1.01590	180.1	500	80
165	13.8	July	5.07940	1.01590	180.1	500	80

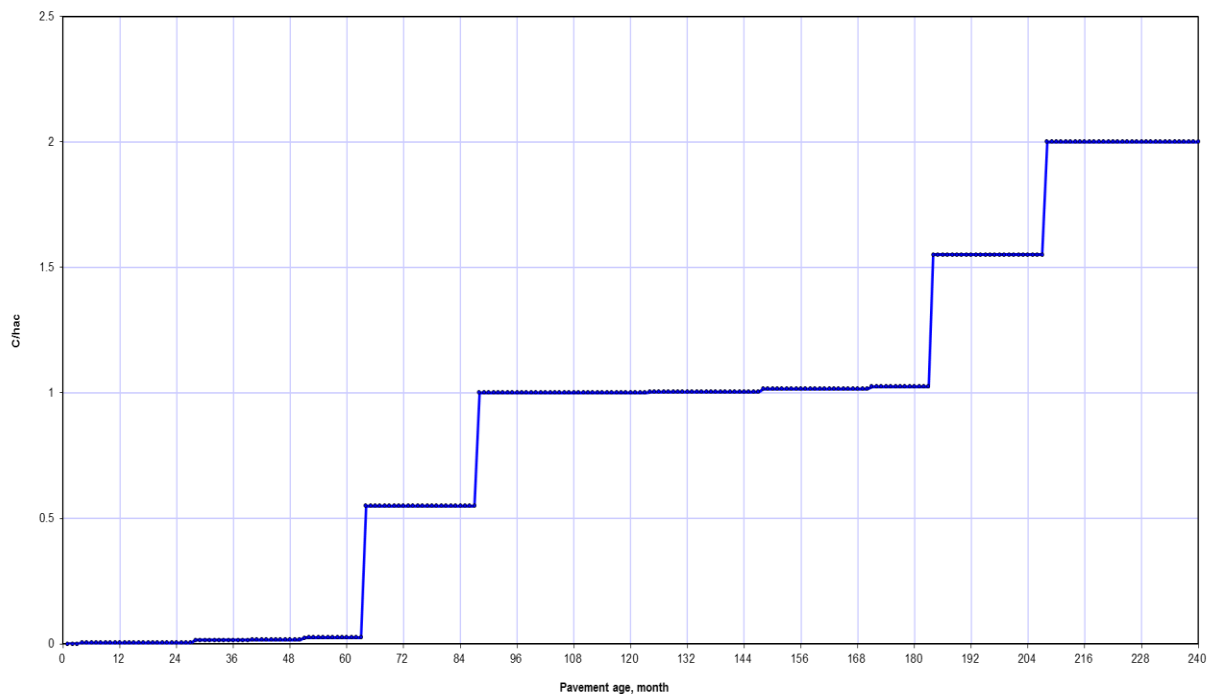
166	13.8	August	5.07940	1.01590	180.1	500	80
167	13.9	September	5.07940	1.01590	180.1	500	80
168	14	October	5.07940	1.01590	180.1	500	80
169	14.1	November	5.07940	1.01590	180.1	500	80
170	14.2	December	5.07940	1.01590	180.1	500	80
171	14.3	January	5.12200	1.02430	183	500	80
172	14.3	February	5.12400	1.02480	183.2	500	80
173	14.4	March	5.12800	1.02560	183.5	500	80
174	14.5	April	5.12800	1.02560	183.5	500	80
175	14.6	May	5.12800	1.02560	183.5	500	80
176	14.7	June	5.12800	1.02560	183.5	500	80
177	14.8	July	5.12800	1.02560	183.5	500	80
178	14.8	August	5.12800	1.02560	183.5	500	80
179	14.9	September	5.12800	1.02560	183.5	500	80
180	15	October	5.12800	1.02560	183.5	500	80
181	15.1	November	5.12800	1.02560	183.5	500	80
182	15.2	December	5.12800	1.02560	183.5	500	80
183	15.3	January	5.12900	1.02570	183.5	500	80
184	15.3	February	7.75000	1.55000	306.7	500	80
185	15.4	March	7.75000	1.55000	306.7	500	80
186	15.5	April	7.75000	1.55000	306.7	500	80
187	15.6	May	7.75000	1.55000	306.7	500	80
188	15.7	June	7.75000	1.55000	306.7	500	80
189	15.8	July	7.75000	1.55000	306.7	500	80
190	15.8	August	7.75000	1.55000	306.7	500	80
191	15.9	September	7.75000	1.55000	306.7	500	80
192	16	October	7.75000	1.55000	306.7	500	80
193	16.1	November	7.75000	1.55000	306.7	500	80
194	16.2	December	7.75000	1.55000	306.7	500	80
195	16.3	January	7.75000	1.55000	306.7	500	80
196	16.3	February	7.75000	1.55000	306.7	500	80
197	16.4	March	7.75000	1.55000	306.7	500	80
198	16.5	April	7.75000	1.55000	306.7	500	80
199	16.6	May	7.75000	1.55000	306.7	500	80
200	16.7	June	7.75000	1.55000	306.7	500	80
201	16.8	July	7.75000	1.55000	306.7	500	80
202	16.8	August	7.75000	1.55000	306.7	500	80
203	16.9	September	7.75000	1.55000	306.7	500	80
204	17	October	7.75000	1.55000	306.7	500	80
205	17.1	November	7.75000	1.55000	306.7	500	80
206	17.2	December	7.75000	1.55000	306.7	500	80
207	17.3	January	7.75000	1.55000	306.7	500	80
208	17.3	February	10.00000	2.00000	353.4	500	80
209	17.4	March	10.00000	2.00000	353.4	500	80
210	17.5	April	10.00000	2.00000	353.4	500	80
211	17.6	May	10.00000	2.00000	353.4	500	80
212	17.7	June	10.00000	2.00000	353.4	500	80
213	17.8	July	10.00000	2.00000	353.4	500	80
214	17.8	August	10.00000	2.00000	353.4	500	80
215	17.9	September	10.00000	2.00000	353.4	500	80
216	18	October	10.00000	2.00000	353.4	500	80
217	18.1	November	10.00000	2.00000	353.4	500	80
218	18.2	December	10.00000	2.00000	353.4	500	80
219	18.3	January	10.00000	2.00000	353.4	500	80
220	18.3	February	10.00000	2.00000	353.4	500	80

221	18.4	March	10.00000	2.00000	353.4	500	80
222	18.5	April	10.00000	2.00000	353.4	500	80
223	18.6	May	10.00000	2.00000	353.4	500	80
224	18.7	June	10.00000	2.00000	353.4	500	80
225	18.8	July	10.00000	2.00000	353.4	500	80
226	18.8	August	10.00000	2.00000	353.4	500	80
227	18.9	September	10.00000	2.00000	353.4	500	80
228	19	October	10.00000	2.00000	353.4	500	80
229	19.1	November	10.00000	2.00000	353.4	500	80
230	19.2	December	10.00000	2.00000	353.4	500	80
231	19.3	January	10.00000	2.00000	353.4	500	80
232	19.3	February	10.00000	2.00000	353.4	500	80
233	19.4	March	10.00000	2.00000	353.4	500	80
234	19.5	April	10.00000	2.00000	353.4	500	80
235	19.6	May	10.00000	2.00000	353.4	500	80
236	19.7	June	10.00000	2.00000	353.4	500	80
237	19.8	July	10.00000	2.00000	353.4	500	80
238	19.8	August	10.00000	2.00000	353.4	500	80
239	19.9	September	10.00000	2.00000	353.4	500	80
240	20	October	10.00000	2.00000	353.4	500	80

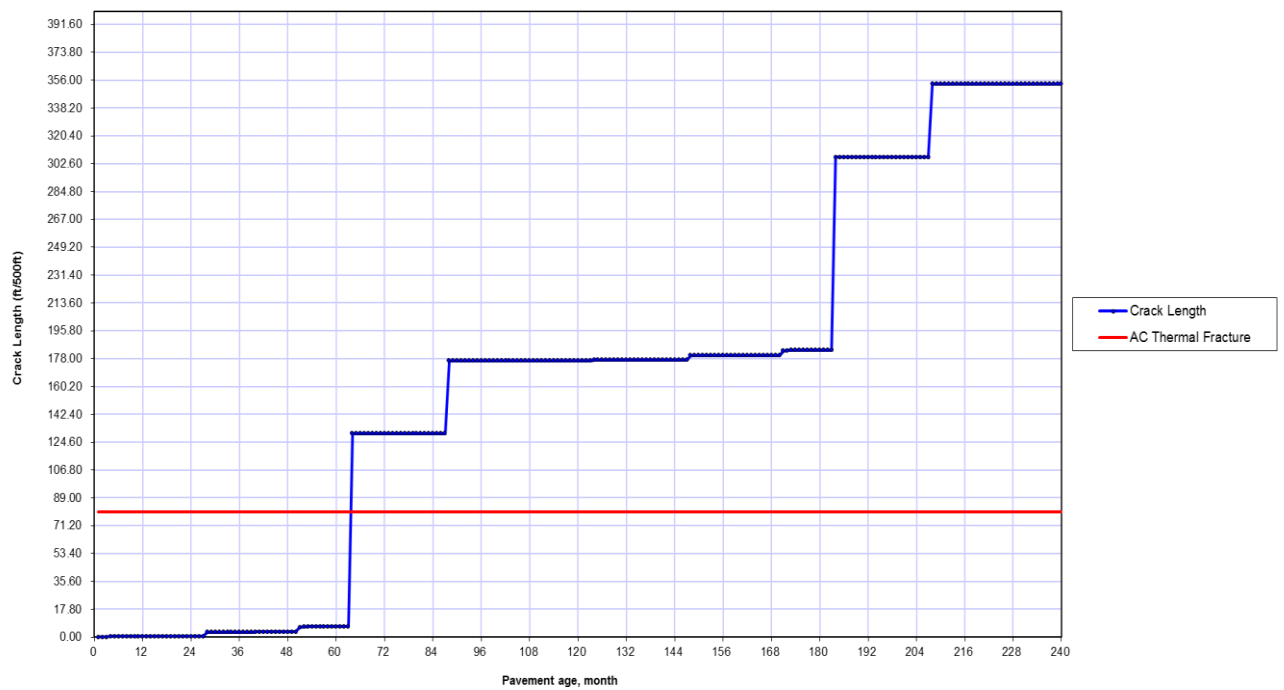
Thermal Cracking: CrackDepth Vs Time



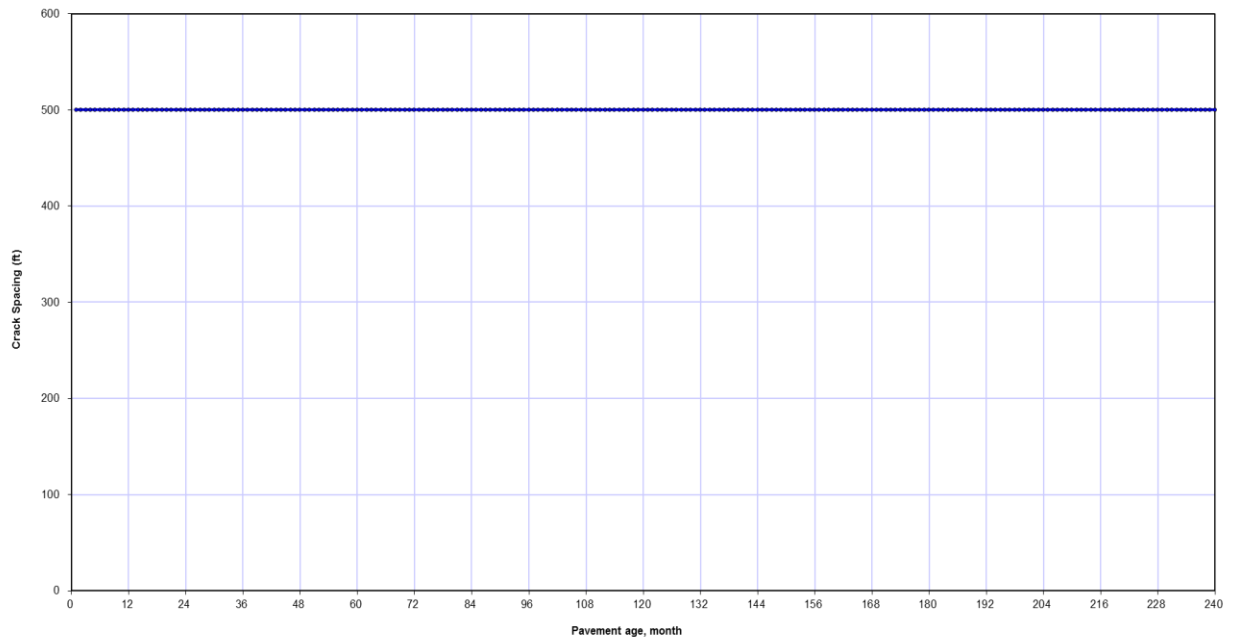
Thermal Cracking: C/hac Vs Time



Thermal Cracking: CrackLength Vs Time



Thermal Cracking: Crack Spacing Vs Time



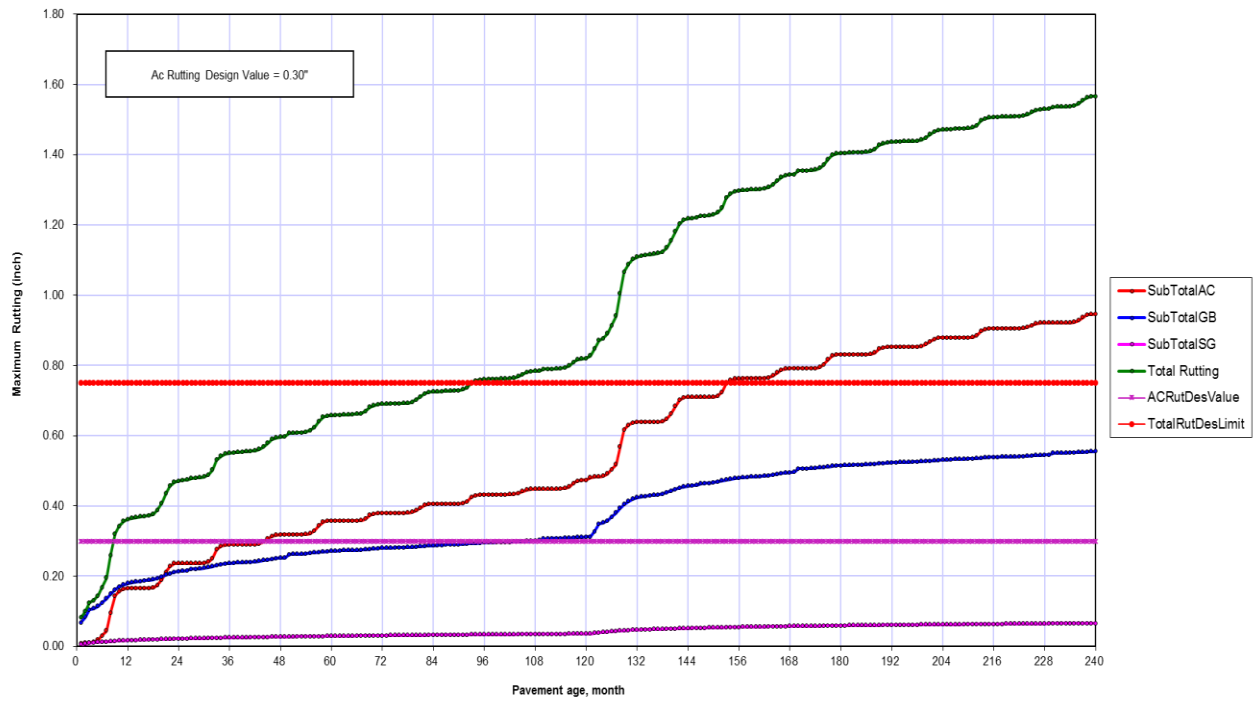
Predicted rutting: Project ACnew.dgp

Pavement age		Month	Maximum Rutting (inch)										Location	AC RutDes Value	Total RutDes Limit
mo	yr		AC1	Location	GB2	Location	SB3	Location	SubTotalAC	SubTotalGB	SubTotalSG	Total			
1	0.08	November	0.008	0	0.0675	0	0.0056	0	0.008	0.0675	0.0056	0.0811	0	0.30	0.75
2	0.17	December	0.0094	0	0.0834	0	0.0077	0	0.0094	0.0834	0.0077	0.1005	0	0.30	0.75
3	0.25	January	0.0104	0	0.1046	0	0.0091	0	0.0104	0.1046	0.0091	0.1242	0	0.30	0.75
4	0.33	February	0.0121	0	0.1079	0	0.0104	0	0.0121	0.1079	0.0104	0.1303	0	0.30	0.75
5	0.42	March	0.0184	0	0.1142	0	0.0115	0	0.0184	0.1142	0.0115	0.144	0	0.30	0.75
6	0.5	April	0.0305	0	0.1245	0	0.0125	0	0.0305	0.1245	0.0125	0.1674	0	0.30	0.75
7	0.58	May	0.0447	0	0.1365	0	0.0133	0	0.0447	0.1365	0.0133	0.1945	0	0.30	0.75
8	0.67	June	0.0955	0	0.1496	0	0.0141	0	0.0955	0.1496	0.0141	0.2592	0	0.30	0.75
9	0.75	July	0.144	0	0.1612	0	0.0149	0	0.144	0.1612	0.0149	0.3201	0	0.30	0.75
10	0.83	August	0.1569	0	0.1694	0	0.0156	0	0.1569	0.1694	0.0156	0.3419	0	0.30	0.75
11	0.92	September	0.1637	0	0.1758	0	0.0162	0	0.1637	0.1758	0.0162	0.3558	0	0.30	0.75
12	1	October	0.1657	0	0.1799	0	0.0167	0	0.1657	0.1799	0.0167	0.3623	0	0.30	0.75
13	1.08	November	0.1657	0	0.1821	0	0.0172	0	0.1657	0.1821	0.0172	0.3649	0	0.30	0.75
14	1.17	December	0.1657	0	0.1839	0	0.0176	0	0.1657	0.1839	0.0176	0.3672	0	0.30	0.75
15	1.25	January	0.1657	0	0.1854	0	0.018	0	0.1657	0.1854	0.018	0.3691	0	0.30	0.75
16	1.33	February	0.1657	0	0.1868	0	0.0184	0	0.1657	0.1868	0.0184	0.3709	0	0.30	0.75
17	1.42	March	0.166	0	0.1882	0	0.0188	0	0.166	0.1882	0.0188	0.3729	0	0.30	0.75
18	1.5	April	0.1667	0	0.1902	0	0.0192	0	0.1667	0.1902	0.0192	0.376	0	0.30	0.75
19	1.58	May	0.1747	0	0.194	0	0.0196	0	0.1747	0.194	0.0196	0.3883	0	0.30	0.75
20	1.67	June	0.1891	0	0.1985	0	0.02	0	0.1891	0.1985	0.02	0.4076	0	0.30	0.75
21	1.75	July	0.2108	0	0.2032	0	0.0204	0	0.2108	0.2032	0.0204	0.4344	0	0.30	0.75
22	1.83	August	0.228	0	0.2074	0	0.0208	0	0.228	0.2074	0.0208	0.4562	0	0.30	0.75
23	1.92	September	0.2359	0	0.2109	0	0.0211	0	0.2359	0.2109	0.0211	0.4679	0	0.30	0.75
24	2	October	0.2365	0	0.2131	0	0.0214	0	0.2365	0.2131	0.0214	0.471	0	0.30	0.75
25	2.08	November	0.2365	0	0.2144	0	0.0217	0	0.2365	0.2144	0.0217	0.4726	0	0.30	0.75
26	2.17	December	0.2365	0	0.2157	0	0.022	0	0.2365	0.2157	0.022	0.4742	0	0.30	0.75
27	2.25	January	0.2365	0	0.2199	0	0.0222	0	0.2365	0.2199	0.0222	0.4786	0	0.30	0.75
28	2.33	February	0.2365	0	0.2203	0	0.0225	0	0.2365	0.2203	0.0225	0.4793	0	0.30	0.75
29	2.42	March	0.2366	0	0.2212	0	0.0227	0	0.2366	0.2212	0.0227	0.4805	0	0.30	0.75
30	2.5	April	0.237	0	0.2228	0	0.023	0	0.237	0.2228	0.023	0.4828	0	0.30	0.75
31	2.58	May	0.2403	0	0.2251	0	0.0233	0	0.2403	0.2251	0.0233	0.4887	0	0.30	0.75
32	2.67	June	0.2506	0	0.2278	0	0.0235	0	0.2506	0.2278	0.0235	0.5019	0	0.30	0.75
33	2.75	July	0.2758	0	0.2306	0	0.0238	0	0.2758	0.2306	0.0238	0.5303	0	0.30	0.75
34	2.83	August	0.285	0	0.233	0	0.0241	0	0.285	0.233	0.0241	0.5421	0	0.30	0.75
35	2.92	September	0.2892	0	0.2351	0	0.0244	0	0.2892	0.2351	0.0244	0.5486	0	0.30	0.75
36	3	October	0.2896	0	0.2364	0	0.0246	0	0.2896	0.2364	0.0246	0.5506	0	0.30	0.75
37	3.08	November	0.2897	0	0.2375	0	0.0248	0	0.2897	0.2375	0.0248	0.552	0	0.30	0.75
38	3.17	December	0.2897	0	0.2382	0	0.025	0	0.2897	0.2382	0.025	0.5529	0	0.30	0.75
39	3.25	January	0.2897	0	0.239	0	0.0251	0	0.2897	0.239	0.0251	0.5539	0	0.30	0.75
40	3.33	February	0.2898	0	0.2393	0	0.0253	0	0.2898	0.2393	0.0253	0.5544	0	0.30	0.75
41	3.42	March	0.2899	0	0.2401	0	0.0255	0	0.2899	0.2401	0.0255	0.5555	0	0.30	0.75
42	3.5	April	0.2902	0	0.2412	0	0.0257	0	0.2902	0.2412	0.0257	0.5572	0	0.30	0.75
43	3.58	May	0.2921	0	0.2429	0	0.0259	0	0.2921	0.2429	0.0259	0.5609	0	0.30	0.75
44	3.67	June	0.2973	0	0.2447	0	0.0262	0	0.2973	0.2447	0.0262	0.5682	0	0.30	0.75
45	3.75	July	0.306	0	0.2467	0	0.0264	0	0.306	0.2467	0.0264	0.579	0	0.30	0.75
46	3.83	August	0.3143	0	0.2485	0	0.0266	0	0.3143	0.2485	0.0266	0.5894	0	0.30	0.75
47	3.92	September	0.3175	0	0.25	0	0.0268	0	0.3175	0.25	0.0268	0.5943	0	0.30	0.75
48	4	October	0.3181	0	0.2512	0	0.027	0	0.3181	0.2512	0.027	0.5962	0	0.30	0.75
49	4.08	November	0.3181	0	0.2519	0	0.0271	0	0.3181	0.2519	0.0271	0.5971	0	0.30	0.75
50	4.17	December	0.3181	0	0.2619	0	0.0272	0	0.3181	0.2619	0.0272	0.6072	0	0.30	0.75
51	4.25	January	0.3181	0	0.2621	0	0.0274	0	0.3181	0.2621	0.0274	0.6076	0	0.30	0.75
52	4.33	February	0.3181	0	0.2624	0	0.0276	0	0.3181	0.2624	0.0276	0.608	0	0.30	0.75
53	4.42	March	0.3181	0	0.2628	0	0.0277	0	0.3181	0.2628	0.0277	0.6086	0	0.30	0.75
54	4.5	April	0.3189	0	0.2641	0	0.0279	0	0.3189	0.2641	0.0279	0.6109	0	0.30	0.75

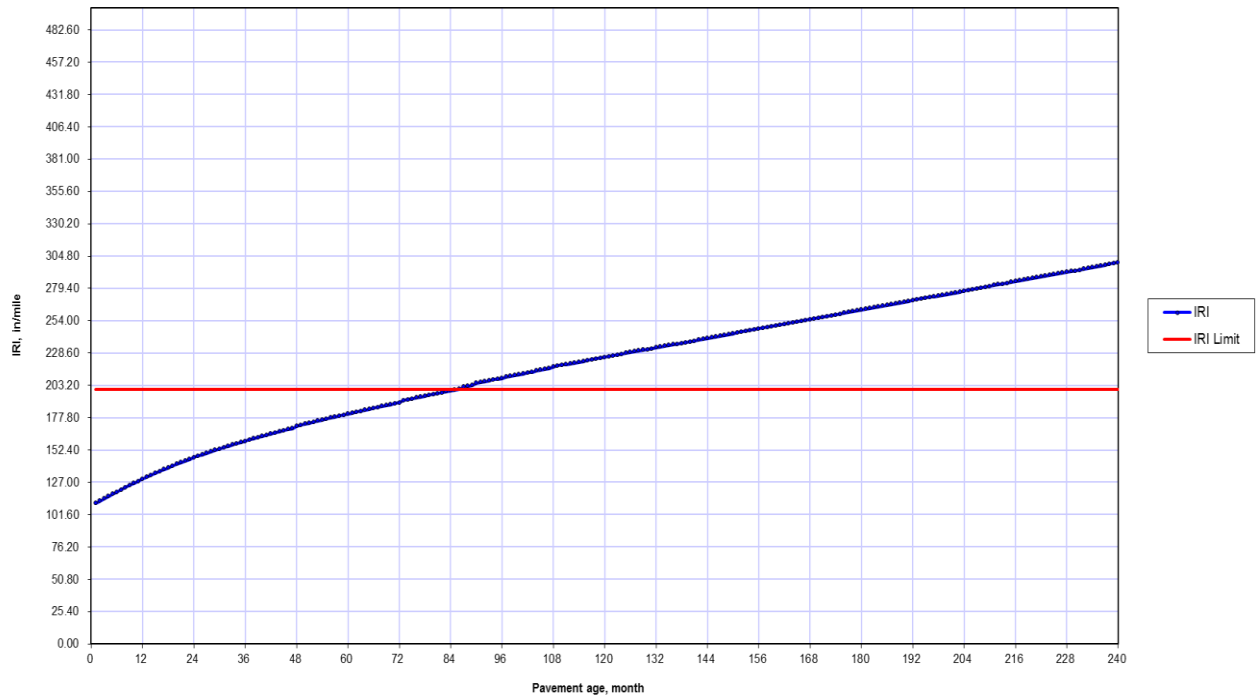
55	4.58	May	0.3215	0	0.2653	0	0.028	0	0.3215	0.2653	0.028	0.6149	0	0.30	0.75
56	4.67	June	0.3292	0	0.2666	0	0.0282	0	0.3292	0.2666	0.0282	0.624	0	0.30	0.75
57	4.75	July	0.3436	0	0.268	0	0.0284	0	0.3436	0.268	0.0284	0.64	0	0.30	0.75
58	4.83	August	0.3545	0	0.2693	0	0.0286	0	0.3545	0.2693	0.0286	0.6524	0	0.30	0.75
59	4.92	September	0.3573	0	0.2704	0	0.0288	0	0.3573	0.2704	0.0288	0.6565	0	0.30	0.75
60	5	October	0.3576	0	0.2712	0	0.0289	0	0.3576	0.2712	0.0289	0.6577	0	0.30	0.75
61	5.08	November	0.3576	0	0.2716	0	0.029	0	0.3576	0.2716	0.029	0.6583	0	0.30	0.75
62	5.17	December	0.3576	0	0.272	0	0.0292	0	0.3576	0.272	0.0292	0.6588	0	0.30	0.75
63	5.25	January	0.3576	0	0.2729	0	0.0293	0	0.3576	0.2729	0.0293	0.6597	0	0.30	0.75
64	5.33	February	0.3576	0	0.273	0	0.0294	0	0.3576	0.273	0.0294	0.66	0	0.30	0.75
65	5.42	March	0.3576	0	0.2733	0	0.0296	0	0.3576	0.2733	0.0296	0.6604	0	0.30	0.75
66	5.5	April	0.3578	0	0.2738	0	0.0297	0	0.3578	0.2738	0.0297	0.6614	0	0.30	0.75
67	5.58	May	0.3584	0	0.2747	0	0.0298	0	0.3584	0.2747	0.0298	0.6629	0	0.30	0.75
68	5.67	June	0.3631	0	0.2757	0	0.03	0	0.3631	0.2757	0.03	0.6688	0	0.30	0.75
69	5.75	July	0.3737	0	0.2769	0	0.0301	0	0.3737	0.2769	0.0301	0.6808	0	0.30	0.75
70	5.83	August	0.377	0	0.2779	0	0.0303	0	0.377	0.2779	0.0303	0.6852	0	0.30	0.75
71	5.92	September	0.3791	0	0.2789	0	0.0304	0	0.3791	0.2789	0.0304	0.6884	0	0.30	0.75
72	6	October	0.3796	0	0.2795	0	0.0306	0	0.3796	0.2795	0.0306	0.6897	0	0.30	0.75
73	6.08	November	0.3796	0	0.28	0	0.0307	0	0.3796	0.28	0.0307	0.6902	0	0.30	0.75
74	6.17	December	0.3796	0	0.2804	0	0.0308	0	0.3796	0.2804	0.0308	0.6907	0	0.30	0.75
75	6.25	January	0.3796	0	0.2807	0	0.0309	0	0.3796	0.2807	0.0309	0.6912	0	0.30	0.75
76	6.33	February	0.3796	0	0.281	0	0.031	0	0.3796	0.281	0.031	0.6916	0	0.30	0.75
77	6.42	March	0.3796	0	0.2813	0	0.0311	0	0.3796	0.2813	0.0311	0.692	0	0.30	0.75
78	6.5	April	0.3798	0	0.2817	0	0.0312	0	0.3798	0.2817	0.0312	0.6927	0	0.30	0.75
79	6.58	May	0.3822	0	0.2824	0	0.0314	0	0.3822	0.2824	0.0314	0.696	0	0.30	0.75
80	6.67	June	0.387	0	0.2834	0	0.0315	0	0.387	0.2834	0.0315	0.7018	0	0.30	0.75
81	6.75	July	0.3949	0	0.2844	0	0.0316	0	0.3949	0.2844	0.0316	0.711	0	0.30	0.75
82	6.83	August	0.4019	0	0.2854	0	0.0318	0	0.4019	0.2854	0.0318	0.7191	0	0.30	0.75
83	6.92	September	0.4053	0	0.2863	0	0.0319	0	0.4053	0.2863	0.0319	0.7236	0	0.30	0.75
84	7	October	0.4056	0	0.2869	0	0.032	0	0.4056	0.2869	0.032	0.7245	0	0.30	0.75
85	7.08	November	0.4056	0	0.2874	0	0.0321	0	0.4056	0.2874	0.0321	0.725	0	0.30	0.75
86	7.17	December	0.4056	0	0.2878	0	0.0322	0	0.4056	0.2878	0.0322	0.7256	0	0.30	0.75
87	7.25	January	0.4056	0	0.2893	0	0.0323	0	0.4056	0.2893	0.0323	0.7272	0	0.30	0.75
88	7.33	February	0.4056	0	0.2895	0	0.0324	0	0.4056	0.2895	0.0324	0.7275	0	0.30	0.75
89	7.42	March	0.4056	0	0.2898	0	0.0325	0	0.4056	0.2898	0.0325	0.7279	0	0.30	0.75
90	7.5	April	0.4058	0	0.2903	0	0.0326	0	0.4058	0.2903	0.0326	0.7287	0	0.30	0.75
91	7.58	May	0.4072	0	0.291	0	0.0327	0	0.4072	0.291	0.0327	0.731	0	0.30	0.75
92	7.67	June	0.412	0	0.2919	0	0.0329	0	0.412	0.2919	0.0329	0.7367	0	0.30	0.75
93	7.75	July	0.4245	0	0.2928	0	0.033	0	0.4245	0.2928	0.033	0.7503	0	0.30	0.75
94	7.83	August	0.4294	0	0.2936	0	0.0331	0	0.4294	0.2936	0.0331	0.7561	0	0.30	0.75
95	7.92	September	0.4317	0	0.2943	0	0.0332	0	0.4317	0.2943	0.0332	0.7592	0	0.30	0.75
96	8	October	0.4319	0	0.2949	0	0.0333	0	0.4319	0.2949	0.0333	0.76	0	0.30	0.75
97	8.08	November	0.4319	0	0.2953	0	0.0334	0	0.4319	0.2953	0.0334	0.7606	0	0.30	0.75
98	8.17	December	0.4319	0	0.2956	0	0.0335	0	0.4319	0.2956	0.0335	0.761	0	0.30	0.75
99	8.25	January	0.4319	0	0.296	0	0.0336	0	0.4319	0.296	0.0336	0.7614	0	0.30	0.75
100	8.33	February	0.4319	0	0.2961	0	0.0337	0	0.4319	0.2961	0.0337	0.7617	0	0.30	0.75
101	8.42	March	0.432	0	0.2964	0	0.0338	0	0.432	0.2964	0.0338	0.7621	0	0.30	0.75
102	8.5	April	0.4322	0	0.2968	0	0.0339	0	0.4322	0.2968	0.0339	0.7629	0	0.30	0.75
103	8.58	May	0.4332	0	0.2975	0	0.034	0	0.4332	0.2975	0.034	0.7647	0	0.30	0.75
104	8.67	June	0.4361	0	0.2982	0	0.0341	0	0.4361	0.2982	0.0341	0.7684	0	0.30	0.75
105	8.75	July	0.441	0	0.299	0	0.0342	0	0.441	0.299	0.0342	0.7742	0	0.30	0.75
106	8.83	August	0.4459	0	0.2998	0	0.0343	0	0.4459	0.2998	0.0343	0.78	0	0.30	0.75
107	8.92	September	0.4478	0	0.3004	0	0.0344	0	0.4478	0.3004	0.0344	0.7826	0	0.30	0.75
108	9	October	0.4481	0	0.3009	0	0.0345	0	0.4481	0.3009	0.0345	0.7835	0	0.30	0.75
109	9.08	November	0.4481	0	0.3013	0	0.0346	0	0.4481	0.3013	0.0346	0.7839	0	0.30	0.75
110	9.17	December	0.4481	0	0.3064	0	0.0346	0	0.4481	0.3064	0.0346	0.7892	0	0.30	0.75
111	9.25	January	0.4481	0	0.3065	0	0.0347	0	0.4481	0.3065	0.0347	0.7893	0	0.30	0.75
112	9.33	February	0.4481	0	0.3067	0	0.0348	0	0.4481	0.3067	0.0348	0.7896	0	0.30	0.75
113	9.42	March	0.4481	0	0.3069	0	0.0349	0	0.4481	0.3069	0.0349	0.7899	0	0.30	0.75
114	9.5	April	0.4485	0	0.3075	0	0.035	0	0.4485	0.3075	0.035	0.7911	0	0.30	0.75
115	9.58	May	0.4501	0	0.3081	0	0.0351	0	0.4501	0.3081	0.0351	0.7933	0	0.30	0.75
116	9.67	June	0.4548	0	0.3088	0	0.0352	0	0.4548	0.3088	0.0352	0.7987	0	0.30	0.75
117	9.75	July	0.4638	0	0.3095	0	0.0353	0	0.4638	0.3095	0.0353	0.8086	0	0.30	0.75
118	9.83	August	0.4709	0	0.3101	0	0.0354	0	0.4709	0.3101	0.0354	0.8164	0	0.30	0.75
119	9.92	September	0.4727	0	0.3107	0	0.0355	0	0.4727	0.3107	0.0355	0.8189	0	0.30	0.75
120	10	October	0.4729	0	0.3111	0	0.0356	0	0.4729	0.3111	0.0356	0.8195	0	0.30	0.75
121	10.1	November	0.4809	0	0.3111	0	0.0356	0	0.4809	0.3111	0.0356	0.8276	0	0.30	0.75
122	10.2	December	0.4823	0	0.327	0	0.0377	0	0.4823	0.327	0.0377	0.847	0	0.30	0.75
123	10.3	January	0.4833	0	0.3482	0	0.0391	0	0.4833	0.3482	0.0391	0.8706	0	0.30	0.75
124	10.3	February	0.485	0	0.3515	0	0.0404	0	0.485	0.3515	0.0404	0.8769	0	0.30	0.75
125	10.4	March	0.4913	0	0.3578	0	0.0415	0	0.4913	0.3578	0.0415	0.8906	0	0.30	0.75
126	10.5	April	0.5034	0	0.3681	0	0.0425	0	0.5034	0.3681	0.0425	0.914	0	0.30	0.75
127	10.6	May	0.5176	0	0.3801	0	0.0433	0	0.5176	0.3801	0.0433	0.941	0	0.30	0.75
128	10.7	June	0.5684	0	0.3932	0	0.0441	0	0.5684	0.3932	0.0441	1.0057	0	0.30	0.75
129	10.8	July	0.6169	0	0.4048	0	0.0449	0	0.6169	0.4048	0.0449	1.0666	0	0.30	0.75
130	10.8	August	0.6298	0	0.413	0	0.0456	0	0.6298	0.413	0.0456	1.0884	0	0.30	0.75
131	10.9	September	0.6366	0	0.4194	0	0.0462	0	0.6366	0.4194	0.0462	1.1022	0	0.30	0.75
132	11	October	0.6386	0	0.4235	0	0.0467	0	0.6386	0.4235	0.0467	1.1088	0	0.30	0.75
133	11.1	November	0.6386	0	0.4257	0	0.0472	0	0.6386	0.4257	0.0472	1.1115	0	0.30	0.75
134	11.2	December	0.6386	0	0.4275	0	0.0476	0	0.6386	0.4275	0.0476	1.1137	0	0.30	0.75
135	11.3	January	0.6386	0	0.429	0	0.048	0	0.6386	0.429	0.048	1.1156	0	0.30	0.75
136	11.3	February	0.6386	0	0.4304	0	0.0484	0	0.6386	0.4304	0.0484	1.1174	0	0.30	0.75
137	11.4	March	0.6389	0	0.4318	0	0.0488	0	0.6389	0.4318	0.0488	1.1195	0	0.30	0.75
138	11.5	April	0.6396	0	0.4338	0	0.0492	0	0.6396	0.4338	0.0492	1.1226	0	0.30	0.75
139	11.6	May	0.6476	0	0.4376	0	0.0496	0	0.6476	0.4376	0.0496	1.1348	0	0.30	0.75

156	13	October	0.7625	0	0.48	0	0.0546	0	0.7625	0.48	0.0546	1.2971	0	0.30	0.75
157	13.1	November	0.7626	0	0.4811	0	0.0548	0	0.7626	0.4811	0.0548	1.2985	0	0.30	0.75
158	13.2	December	0.7626	0	0.4818	0	0.055	0	0.7626	0.4818	0.055	1.2994	0	0.30	0.75
159	13.3	January	0.7626	0	0.4826	0	0.0551	0	0.7626	0.4826	0.0551	1.3003	0	0.30	0.75
160	13.3	February	0.7627	0	0.4829	0	0.0553	0	0.7627	0.4829	0.0553	1.3009	0	0.30	0.75
161	13.4	March	0.7628	0	0.4837	0	0.0555	0	0.7628	0.4837	0.0555	1.302	0	0.30	0.75
162	13.5	April	0.7631	0	0.4848	0	0.0557	0	0.7631	0.4848	0.0557	1.3036	0	0.30	0.75
163	13.6	May	0.765	0	0.4865	0	0.0559	0	0.765	0.4865	0.0559	1.3074	0	0.30	0.75
164	13.7	June	0.7702	0	0.4883	0	0.0562	0	0.7702	0.4883	0.0562	1.3147	0	0.30	0.75
165	13.8	July	0.7789	0	0.4903	0	0.0564	0	0.7789	0.4903	0.0564	1.3256	0	0.30	0.75
166	13.8	August	0.7872	0	0.4921	0	0.0566	0	0.7872	0.4921	0.0566	1.3359	0	0.30	0.75
167	13.9	September	0.7904	0	0.4936	0	0.0568	0	0.7904	0.4936	0.0568	1.3408	0	0.30	0.75
168	14	October	0.791	0	0.4948	0	0.057	0	0.791	0.4948	0.057	1.3428	0	0.30	0.75
169	14.1	November	0.791	0	0.4955	0	0.0571	0	0.791	0.4955	0.0571	1.3436	0	0.30	0.75
170	14.2	December	0.791	0	0.5055	0	0.0572	0	0.791	0.5055	0.0572	1.3537	0	0.30	0.75
171	14.3	January	0.791	0	0.5057	0	0.0574	0	0.791	0.5057	0.0574	1.3541	0	0.30	0.75
172	14.3	February	0.791	0	0.506	0	0.0576	0	0.791	0.506	0.0576	1.3546	0	0.30	0.75
173	14.4	March	0.791	0	0.5064	0	0.0577	0	0.791	0.5064	0.0577	1.3551	0	0.30	0.75
174	14.5	April	0.7918	0	0.5077	0	0.0579	0	0.7918	0.5077	0.0579	1.3574	0	0.30	0.75
175	14.6	May	0.7944	0	0.5089	0	0.058	0	0.7944	0.5089	0.058	1.3613	0	0.30	0.75
176	14.7	June	0.8021	0	0.5102	0	0.0582	0	0.8021	0.5102	0.0582	1.3705	0	0.30	0.75
177	14.8	July	0.8165	0	0.5116	0	0.0584	0	0.8165	0.5116	0.0584	1.3865	0	0.30	0.75
178	14.8	August	0.8274	0	0.5129	0	0.0586	0	0.8274	0.5129	0.0586	1.3989	0	0.30	0.75
179	14.9	September	0.8302	0	0.514	0	0.0588	0	0.8302	0.514	0.0588	1.403	0	0.30	0.75
180	15	October	0.8305	0	0.5148	0	0.0589	0	0.8305	0.5148	0.0589	1.4042	0	0.30	0.75
181	15.1	November	0.8305	0	0.5152	0	0.059	0	0.8305	0.5152	0.059	1.4047	0	0.30	0.75
182	15.2	December	0.8305	0	0.5156	0	0.0592	0	0.8305	0.5156	0.0592	1.4053	0	0.30	0.75
183	15.3	January	0.8305	0	0.5165	0	0.0593	0	0.8305	0.5165	0.0593	1.4063	0	0.30	0.75
184	15.3	February	0.8305	0	0.5166	0	0.0594	0	0.8305	0.5166	0.0594	1.4065	0	0.30	0.75
185	15.4	March	0.8305	0	0.5169	0	0.0596	0	0.8305	0.5169	0.0596	1.407	0	0.30	0.75
186	15.5	April	0.8307	0	0.5174	0	0.0597	0	0.8307	0.5174	0.0597	1.4078	0	0.30	0.75
187	15.6	May	0.8313	0	0.5183	0	0.0598	0	0.8313	0.5183	0.0598	1.4094	0	0.30	0.75
188	15.7	June	0.836	0	0.5193	0	0.06	0	0.836	0.5193	0.06	1.4153	0	0.30	0.75
189	15.8	July	0.8466	0	0.5205	0	0.0601	0	0.8466	0.5205	0.0601	1.4272	0	0.30	0.75
190	15.8	August	0.8499	0	0.5215	0	0.0603	0	0.8499	0.5215	0.0603	1.4317	0	0.30	0.75
191	15.9	September	0.852	0	0.5225	0	0.0604	0	0.852	0.5225	0.0604	1.4349	0	0.30	0.75
192	16	October	0.8525	0	0.5231	0	0.0606	0	0.8525	0.5231	0.0606	1.4362	0	0.30	0.75
193	16.1	November	0.8525	0	0.5236	0	0.0607	0	0.8525	0.5236	0.0607	1.4368	0	0.30	0.75
194	16.2	December	0.8525	0	0.524	0	0.0608	0	0.8525	0.524	0.0608	1.4373	0	0.30	0.75
195	16.3	January	0.8525	0	0.5243	0	0.0609	0	0.8525	0.5243	0.0609	1.4377	0	0.30	0.75
196	16.3	February	0.8525	0	0.5246	0	0.061	0	0.8525	0.5246	0.061	1.4381	0	0.30	0.75
197	16.4	March	0.8525	0	0.5249	0	0.0611	0	0.8525	0.5249	0.0611	1.4385	0	0.30	0.75
198	16.5	April	0.8527	0	0.5253	0	0.0612	0	0.8527	0.5253	0.0612	1.4392	0	0.30	0.75
199	16.6	May	0.8551	0	0.526	0	0.0614	0	0.8551	0.526	0.0614	1.4425	0	0.30	0.75
200	16.7	June	0.8599	0	0.527	0	0.0615	0	0.8599	0.527	0.0615	1.4484	0	0.30	0.75
201	16.8	July	0.8678	0	0.528	0	0.0616	0	0.8678	0.528	0.0616	1.4574	0	0.30	0.75
202	16.8	August	0.8748	0	0.529	0	0.0618	0	0.8748	0.529	0.0618	1.4656	0	0.30	0.75
203	16.9	September	0.8782	0	0.5299	0	0.0619	0	0.8782	0.5299	0.0619	1.47	0	0.30	0.75
204	17	October	0.8785	0	0.5305	0	0.062	0	0.8785	0.5305	0.062	1.471	0	0.30	0.75
205	17.1	November	0.8785	0	0.531	0	0.0621	0	0.8785	0.531	0.0621	1.4716	0	0.30	0.75
206	17.2	December	0.8785	0	0.5314	0	0.0622	0	0.8785	0.5314	0.0622	1.4721	0	0.30	0.75
207	17.3	January	0.8785	0	0.5329	0	0.0623	0	0.8785	0.5329	0.0623	1.4737	0	0.30	0.75
208	17.3	February	0.8785	0	0.5331	0	0.0624	0	0.8785	0.5331	0.0624	1.474	0	0.30	0.75
209	17.4	March	0.8785	0	0.5334	0	0.0625	0	0.8785	0.5334	0.0625	1.4744	0	0.30	0.75
210	17.5	April	0.8787	0	0.5339	0	0.0626	0	0.8787	0.5339	0.0626	1.4752	0	0.30	0.75
211	17.6	May	0.8801	0	0.5346	0	0.0627	0	0.8801	0.5346	0.0627	1.4774	0	0.30	0.75
212	17.7	June	0.8849	0	0.5355	0	0.0629	0	0.8849	0.5355	0.0629	1.4833	0	0.30	0.75
213	17.8	July	0.8974	0	0.5364	0	0.063	0	0.8974	0.5364	0.063	1.4968	0	0.30	0.75
214	17.8	August	0.9023	0	0.5372	0	0.0631	0	0.9023	0.5372	0.0631	1.5026	0	0.30	0.75
215	17.9	September	0.9046	0	0.5379	0	0.0632	0	0.9046	0.5379	0.0632	1.5057	0	0.30	0.75
216	18	October	0.9048	0	0.5385	0	0.0633	0	0.9048	0.5385	0.0633	1.5066	0	0.30	0.75
217	18.1	November	0.9048	0	0.5389	0	0.0634	0	0.9048	0.5389	0.0634	1.5071	0	0.30	0.75
218	18.2	December	0.9048	0	0.5392	0	0.0635	0	0.9048	0.5392	0.0635	1.5075	0	0.30	0.75
219	18.3	January	0.9048	0	0.5396	0	0.0636	0	0.9048	0.5396	0.0636	1.508	0	0.30	0.75
220	18.3	February	0.9048	0	0.5397	0	0.0637	0	0.9048	0.5397	0.0637	1.5082	0	0.30	0.75
221	18.4	March	0.9049	0	0.54	0	0.0638	0	0.9049	0.54	0.0638	1.5087	0	0.30	0.75
222	18.5	April	0.9051	0	0.5404	0	0.0639	0	0.9051	0.5404	0.0639	1.5094	0	0.30	0.75
223	18.6	May	0.9061	0	0.5411	0	0.064	0	0.9061	0.5411	0.064	1.5112	0	0.30	0.75
224	18.7	June	0.909	0	0.5418	0	0.0641	0	0.909	0.5418	0.0641	1.5149	0	0.30	0.75
225	18.8	July	0.9139	0	0.5426	0	0.0642	0	0.9139	0.5426	0.0642	1.5207	0	0.30	0.75
226	18.8	August	0.9188	0	0.5434	0	0.0643	0	0.9188	0.5434	0.0643	1.5265	0	0.30	0.75
227	18.9	September	0.9207	0	0.544	0	0.0644	0	0.9207	0.544	0.0644	1.5291	0	0.30	0.75
228	19	October	0.921	0	0.5445	0	0.0645	0	0.921	0.5445	0.0645	1.53	0	0.30	0.75
229	19.1	November	0.921	0	0.5449	0	0.0646	0	0.921	0.5449	0.0646	1.5305	0	0.30	0.75
230	19.2	December	0.921	0	0.55	0	0.0646	0	0.921	0.55	0.0646	1.5356	0	0.30	0.75
231	19.3	January	0.921	0	0.5501	0	0.0647	0	0.921	0.5501	0.0647	1.5358	0	0.30	0.75
232	19.3	February	0.921	0	0.5503	0	0.0648	0	0.921	0.5503	0.0648	1.5361	0	0.30	0.75
233	19.4	March	0.921	0	0.5505	0	0.0649	0	0.921	0.5505	0.0649	1.5364	0	0.30	0.75
234	19.5	April	0.9214	0	0.5511	0	0.065	0	0.9214	0.5511	0.065	1.5375	0	0.30	0.75
235	19.6	May	0.923	0	0.5517	0	0.0651	0	0.923	0.5517	0.0651	1.5398	0	0.30	0.75
236	19.7	June	0.9277	0	0.5524	0	0.0652	0	0.9277	0.5524	0.0652	1.5453	0	0.30	0.75
237	19.8	July	0.9367	0	0.5531	0	0.0653	0	0.9367	0.5531	0.0653	1.5551	0	0.30	0.75
238	19.8	August	0.9438	0	0.5537	0	0.0654	0	0.9438	0.5537	0.0654	1.5629	0	0.30	0.75
239	19.9	September	0.9456	0	0.5543	0	0.0655	0	0.9456	0.5543	0.0655	1.5654	0	0.30	0.75
240	20	October	0.9458	0	0.5547	0	0.0656	0	0.9458	0.5547	0.0656	1.5661			

Permenant Deformation: Total Rutting in Pavement Layers (inch)



Predicted IRI



D. 5. Esfuerzos, deformaciones y deflexión

PITRA PAVE

DATOS DE ENTRADA GENERAL

Sistema Multicapa

Numero de Capas: 6
 Numero de Cargas: 2
 Numero de Puntos: 12

Capas

#	Módulo elástico (psi)	Poisson v(1)	Espesor h (in)	Descripcion
1	430000	0.35	4.8	Carpeta asfaltica
2	49922	0.35	7.9	Base granular
3	37244	0.35	7.9	Subbase granular
4	13540	0.4	23.6	Subrasante mejorado
5	9599	0.4	18.9	Subrasante
6	9599	0.4		Subrasante

Cargas

#	Carga P (lb)	Presión q (psi)	X (in)	y (in)
1	7000	120	0.00	-6.90
2	7000	120	0.00	6.90

Puntos

#	X (in)	Y (in)	Z (in)	Capa #
1	0	-6.9	0	1
2	0	0	0	1
3	0	-6.9	4.8	1
4	0	0	4.8	1
5	0	-6.9	12.7	2
6	0	0	12.7	2
7	0	-6.9	20.6	3
8	0	0	20.6	3
9	0	-6.9	44.2	4
10	0	0	44.2	4
11	0	-6.9	63.1	5
12	0	0	63.1	5

RESULTADOS

Esfuerzos

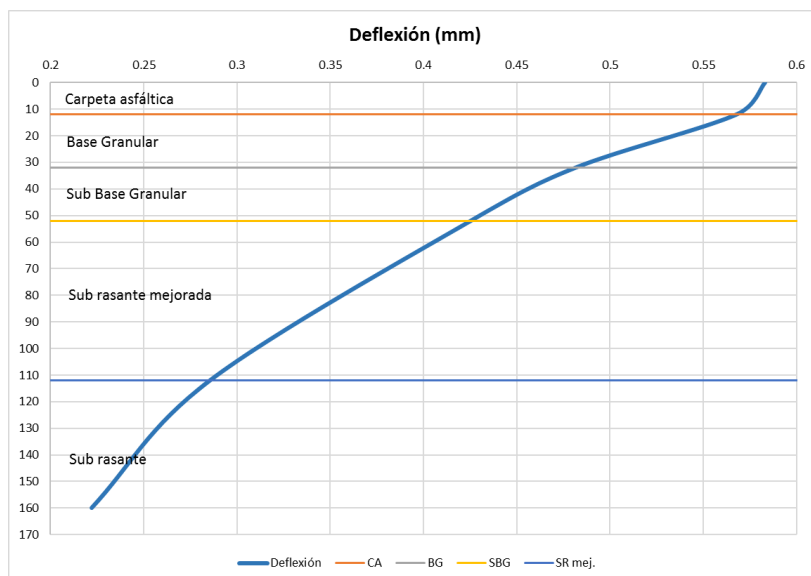
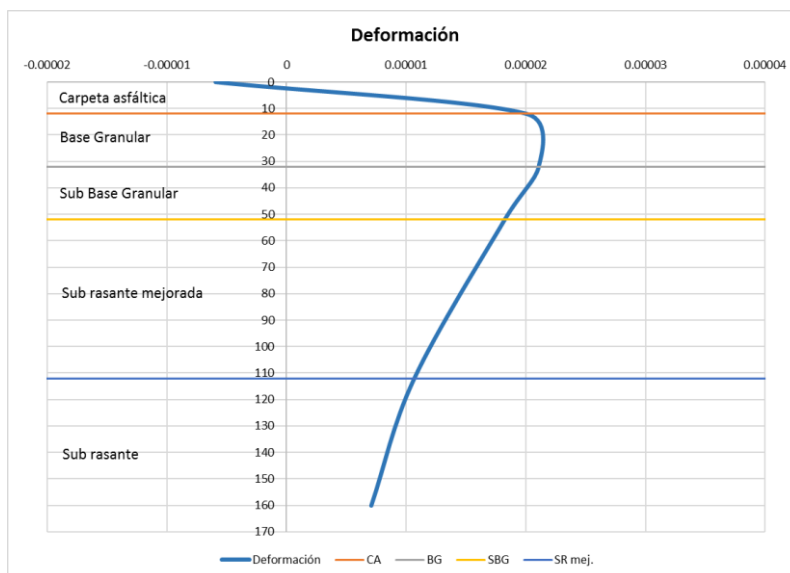
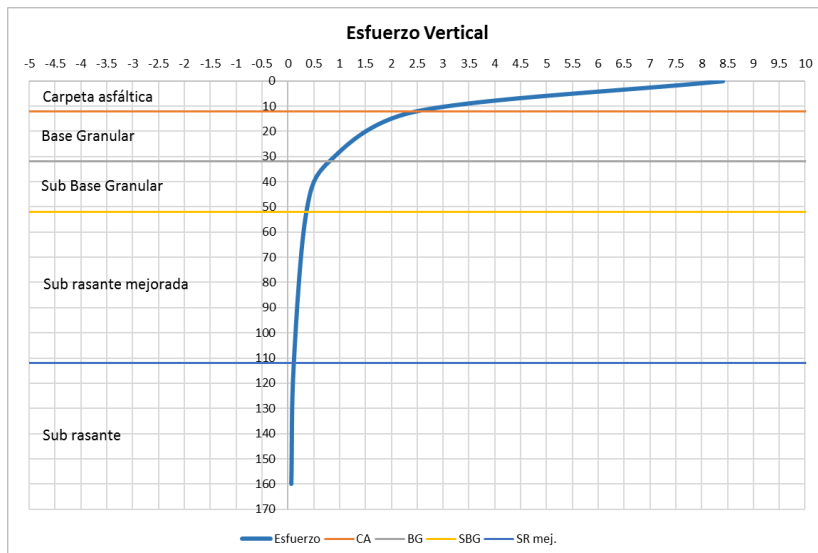
#	Sxx (kg/cm2)	Syy (kg/cm2)	Szz (kg/cm2)	Sxy (kg/cm2)	Sxz (kg/cm2)	Syz (kg/cm2)
1	1.66E+01	1.47E+01	8.41E+00	-3.51E-16	4.53E-32	2.47E-16
2	9.25E+00	3.65E+00	-1.04E-01	-6.86E-16	1.19E-31	0.00E+00
3	-9.66E+00	-7.89E+00	2.48E+00	3.24E-16	-5.19E-17	-2.82E-01
4	-6.46E+00	-4.11E-01	1.67E+00	7.41E-16	-7.45E-17	0.00E+00
5	-4.42E-01	-2.87E-01	7.96E-01	2.85E-17	-3.80E-17	-2.07E-01
6	-4.72E-01	-2.92E-01	8.47E-01	2.20E-17	-2.66E-17	0.00E+00
7	-5.01E-01	-4.14E-01	3.58E-01	1.61E-17	-1.24E-17	-6.74E-02
8	-5.40E-01	-4.71E-01	3.88E-01	8.38E-18	-6.22E-18	0.00E+00
9	-3.82E-02	-3.38E-02	1.16E-01	8.23E-19	-2.43E-18	-1.32E-02
10	-3.70E-02	-3.44E-02	1.18E-01	3.16E-19	-9.08E-19	0.00E+00
11	-9.28E-04	6.57E-05	6.75E-02	1.83E-19	-1.06E-18	-5.79E-03
12	1.07E-03	1.61E-03	6.80E-02	6.69E-20	-3.53E-19	0.00E+00

Deformaciones

#	Exx (kg/cm2)	Eyy (kg/cm2)	Ezz (kg/cm2)	Exy (kg/cm2)	Exz (kg/cm2)	Eyz (kg/cm2)
1	1.98E-05	1.38E-05	-5.93E-06	-2.20E-21	2.84E-37	1.55E-21
2	1.86E-05	1.05E-06	-1.07E-05	-4.31E-21	7.46E-37	0.00E+00
3	-1.81E-05	-1.25E-05	2.01E-05	2.04E-21	-3.26E-22	-1.77E-06
4	-1.61E-05	2.94E-06	9.48E-06	4.65E-21	-4.68E-22	0.00E+00
5	-1.24E-05	-8.23E-06	2.11E-05	1.54E-21	-2.05E-21	-1.12E-05
6	-1.33E-05	-8.48E-06	2.23E-05	1.19E-21	-1.44E-21	0.00E+00
7	-1.29E-05	-9.76E-06	1.82E-05	1.17E-21	-8.98E-22	-4.89E-06
8	-1.37E-05	-1.12E-05	1.99E-05	6.08E-22	-4.51E-22	0.00E+00
9	-5.24E-06	-4.78E-06	1.07E-05	1.70E-22	-5.03E-22	-2.74E-06
10	-5.20E-06	-4.93E-06	1.08E-05	6.53E-23	-1.88E-22	0.00E+00
11	-2.91E-06	-2.77E-06	7.07E-06	5.32E-23	-3.10E-22	-1.69E-06
12	-2.79E-06	-2.71E-06	6.98E-06	1.95E-23	-1.03E-22	0.00E+00

Deflexiones


#	dx (mm)	dy (mm)	dz (mm)
1	3.70E-18	2.01E-02	5.83E-01
2	2.84E-18	0.00E+00	5.72E-01
3	-2.26E-18	-1.23E-02	5.68E-01
4	-2.45E-18	0.00E+00	5.74E-01
5	-3.93E-18	-2.14E-02	4.82E-01
6	-2.04E-18	0.00E+00	5.00E-01
7	-4.95E-18	-2.70E-02	4.25E-01
8	-2.09E-18	0.00E+00	4.39E-01
9	-2.36E-18	-1.28E-02	2.86E-01
10	-7.94E-19	0.00E+00	2.92E-01
11	-1.37E-18	-7.47E-03	2.22E-01
12	-4.26E-19	0.00E+00	2.28E-01

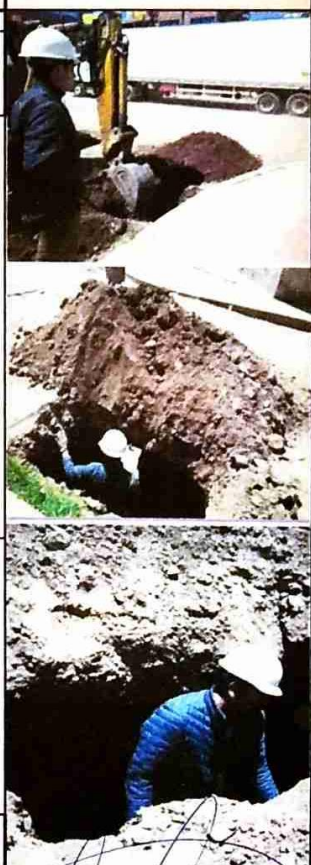



ANEXO E. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS


E. 1. Ensayos para subrasante

E. 1.1 Calicata 1 (C-1).

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
<h2 style="margin: 0;">PERFIL ESTRATIGRÁFICO</h2>			
PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
RESPONSABLE :	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	Coordendadas de Ubicación en X :	379367.76 m. 8287739.68 m.
FECHA :	07/11/2018	Nº de punto de investigación :	C - 01
PROGRESIVA :	km 00+000		

COTA (m)	TITO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO	PANEL FOTOGRÁFICO
						LL(%) LP(%) HN(%)	
0.00							
0.05				Presencia de raíces de color café oscuro			
0.10							
0.15							
0.20							
0.25							
0.30							
0.35							
0.40							
0.45							
0.50							
0.55							
0.60							
0.65							
0.70							
0.75							
0.80							
0.85							
0.90							
0.95							
1.00							
1.05							
1.10							
1.15							
1.20							
1.25							
1.30							
1.35							
1.40							
1.45							
1.50							
1.55							
1.60							
1.65							
1.70							
1.75							
1.80							
1.85							
1.90							
1.95							
2.00							

OBSERVACIONES	
MI: Muestra inalterada MA: Muestra alterada MNC: Muestra no conseguida	 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA Ing. Ricardo Aroni Acero CIP 11111, 26 PLANTA ASFALTO / LAB SUELOS Y PAVIMENTOS

 Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

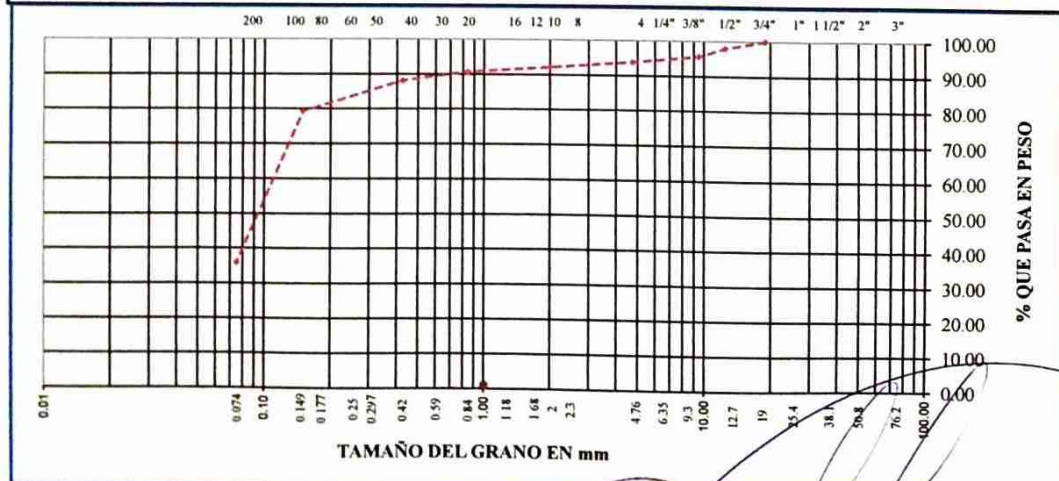
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**ASTM
D-422**


PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
CALICATA	C - 01	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUESTRA	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+000
PROFUNDIDAD	1.85 m	COORDENADAS	X: 379367.76 m. Y: 8287739.68 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	08/11/2018

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 871.00 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : 0.00 Grs
2"	50.000					Grava : 6.20 %
1 1/2"	37.500					Arena : 57.90 %
1"	25.000					Fino : 35.90 %
3/4"	19.000				100.00	W natural : 12.24 %
1/2"	12.500	17.00	2.00	2.00	98.00	
3/8"	9.500	21.00	2.40	4.40	95.60	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	16.00	1.80	6.20	93.80	L.L. : NP %
No.10	2.000	14.00	1.60	7.80	92.20	L.P. : NP %
No.20	0.840	14.00	1.60	9.40	90.60	I.P. : NP %
No.40	0.425	22.00	2.50	11.90	88.10	
No.100	0.150	77.00	8.80	20.70	79.30	CLASIFICACION
No.200	0.075	378.00	43.40	64.10	35.90	SUCS : SM
<No.200		312.00	35.90	100.0		AASHTO : A-4(0)

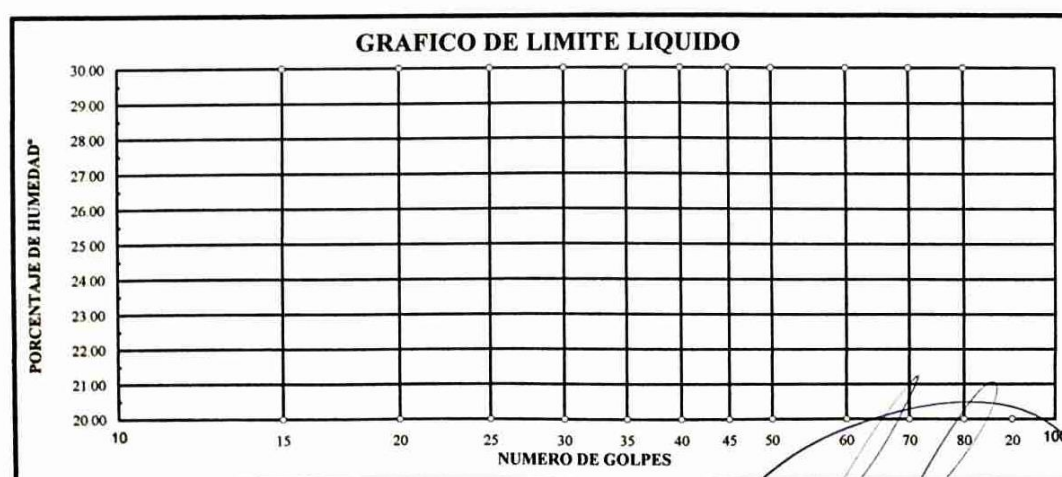
**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**




MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. Ricardo Aroni Acero
 CIP. 109836
 PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA	
	GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
ENSAYO :	LÍMITES DE ATTERBERG	ASTM D-424
PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.	
CALICATA :	C - 01	ESTRATO : E - 03
ESTADO MUESTRA :	Muestra Alterada	PROGRESIVA : km 00+000
PROFUNDIDAD :	1.85 m	COORDENADAS : X: 379367.76 m.
RESPONSABLES :	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	Y: 8287739.68 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA : 09/11/2018

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
01. No.DE GOLPES		NO PRESENTA			NO PRESENTA		
02. TARRO No.							
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
04. SUELO SECO * TARRO	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
05. PESO DEL AGUA	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
06. PESO DEL TARRO	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
07. PESO DEL SUELO SECO	g	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
08. HUMEDAD	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L.L.=		NP %		L.P.=	NP %		I.P.= NP %



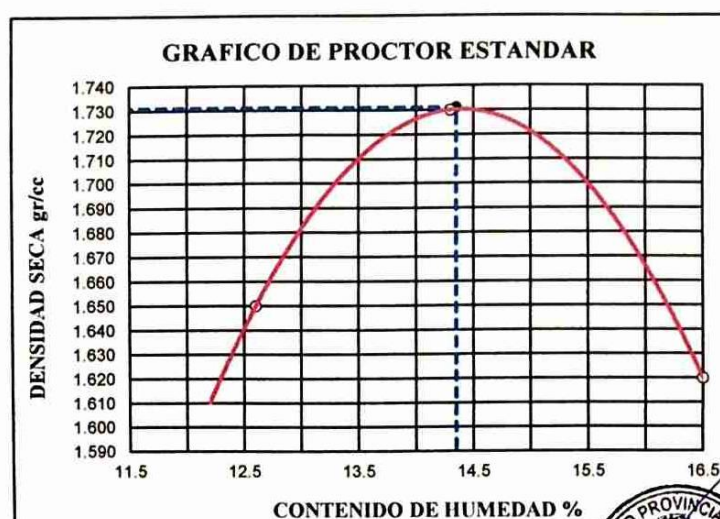
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 14456
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
---	---	--

ENSAYO :	PROCTOR ESTANDAR	ASTM D-698
-----------------	-------------------------	-----------------------

PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno		
CALICATA :	C - 01	ESTRATO :	E - 03
ESTADO MUEST :	Muestra Alterada	PROGRESIV :	km 00+000
PROFUNDIDAD :	1.85 m	COORDENAE :	X: 379367.76 m. Y: 8287739.68 m.
RESPONSABLES :	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno : Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		
	FECHA :	09/11/2018	

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,877	5,988	5,911		
PESO MOLDE	4,152	4,152	4,152		
PESO SUELO COMPACTADO	1,725	1,836	1,759		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.86	1.98	1.89		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	312.00	336.00	396.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	277.00	294.00	340.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	35.00	42.00	56.00		
PESO DE SUELO SECO	277.00	294.00	340.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.60	14.30	16.50		
DENSIDAD SECA	1.65	1.73	1.62		



Max. densidad seca
1.731 gr/cm3

 Conten. humedad óptima
14.35 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Ricardo Aroni Acero
 CIP 14336
 PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)	ASTM D-1883
----------	--	--------------------

PROYECTO DE TESIS	:	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.
UBICACIÓN	:	Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno
CALICATA	:	C - 01
ESTADO MUE	:	Muestra Alterada
PROFUNDIDA	:	1.85 m
RESPONSABL	:	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno
	:	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco
	:	FECHA : 08/11/2018

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11223	11199	11119
Peso del molde	gr	7120	7216	7238
Peso del suelo húmedo	gr	4103	3983	3881
Volumen del molde	cc	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr/cc	1.98	1.92	1.87
Humedad	%	14.20	14.30	14.50
Densidad seca	gr/cc	1.73	1.68	1.63
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr	411	439	396
Tarro suelo seco	gr	360	384	346
Agua	gr	51	55	50
Peso del Tarro	gr	0	0	0
Peso del suelo seco	gr	360	384	346
Humedad	%	14.2	14.3	14.5
Promedio de la humedad	%			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
8-nov.-18	10:35:00 AM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-nov.-18	10:35:00 AM	24	8	0.08	0.0632	10	0.1	0.079	15	0.15	0.1185
10-nov.-18	10:35:00 AM	48	12	0.12	0.0948	17	0.17	0.1343	24	0.24	0.1896
11-nov.-18	10:35:00 AM	72	16	0.16	0.0632	24	0.24	0.1106	30	0.3	0.1185

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	24	275	92	18	214	71	12	154	51
1.00	1.300	0.50	29	325	108	23	265	88	16	194	65
1.30	1.900	0.075	36	395	132	29	325	108	22	255	85
2.00	2.500	0.100	43	465	155	37	405	135	32	355	118
3.00	3.800	0.150	48	515	172	41	445	148	37	405	135
4.00	5.000	0.200	55	586	195	49	525	175	44	475	158
5.00	6.000	0.250	63	666	222	56	596	199	49	525	175
6.00	7.500	0.300	80	836	279	72	756	252	65	686	229
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Ricardo Aroni Acero
 CIP : 1436
 PLANTA ASFALTO Y SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

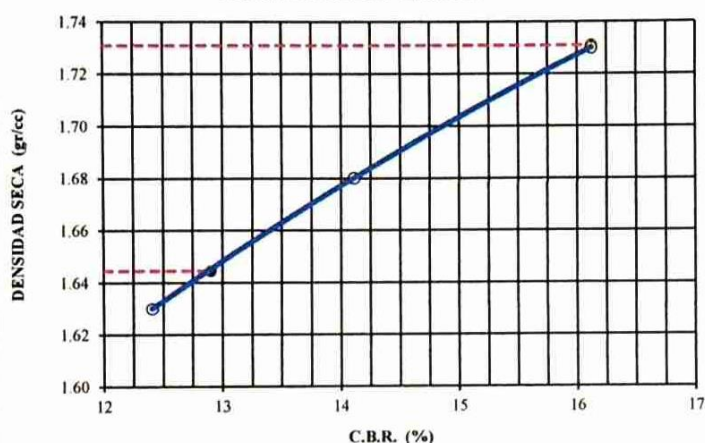
ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.		
CALICATA	C - 01	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUE	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+000
PROFUNDIDA	1.85 m	COORDENAD/:	X: 379367.76 m.
RESPONSABL	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	Y:	8287739.68 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	11/11/2018

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 15.62%

C.B.R.01" AL 95% MDS = 12.40%

LEYENDA

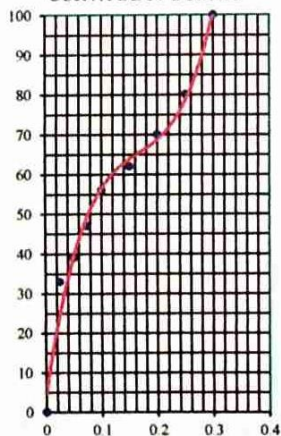
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 15.6%

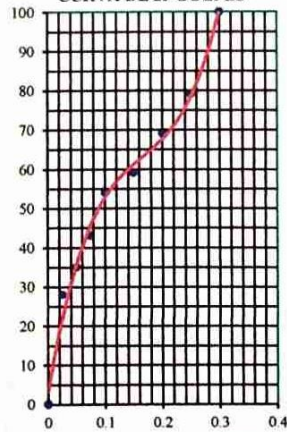
C.B.R 0.1"= 13.6%

C.B.R 0.1"= 11.9%

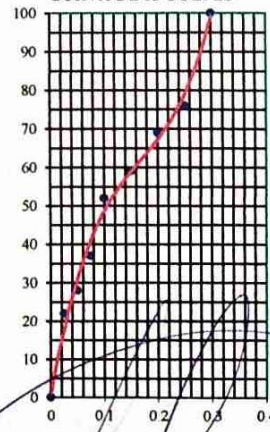
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES




CURVA DE 12 GOLPES






MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

PLANTA ASFALTO
PLANTA ASFALTO Y CEMENTO
PLANTA ASFALTO Y CEMENTO


E. 1.2 Calicata 2 (C-2).

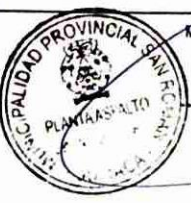
		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.						
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.						
RESPONSABLE	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno			Coordenadas de Ubicación en X	: 379421.4 m.		
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco			Coordenadas de Ubicación en Y	: 8287594.63 m.		
FECHA	: 11/11/2018			Nº de punto de investigación	: C - 02		
PROGRESIVA	: km 00+153						

COTA (m)	TIPO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO			PANEL FOTOGRÁFICO	
						LL(%)	LP(%)	LN(%)		
0.00	A CIELO ABIERTO	E-01		Material Conformado por relleno de cantera contaminado.						
0.05										
0.10										
0.15										
0.20										
0.25										
0.30		E-02		Material conformado por arcilla de mediana plasticidad.						
0.35										
0.40										
0.45										
0.50										
0.55										
0.60		E-03	SM	A-1-b	Arena pobremente graduada, arenas limosas mezcla de arena fina y limo.	M A	NP	NP	9.78	
0.65										
0.70										
0.75										
0.80										
0.85										
0.90										
0.95										
1.00										
1.05										
1.10										
1.15										
1.20										
1.25										
1.30										
1.35										
1.40										
1.45										
1.50										
1.55										
1.60										
1.65										
1.70										
1.75										
1.80										
1.85										
1.90										
1.95										
2.00										

OBSERVACIONES

MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida

 Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 109036
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

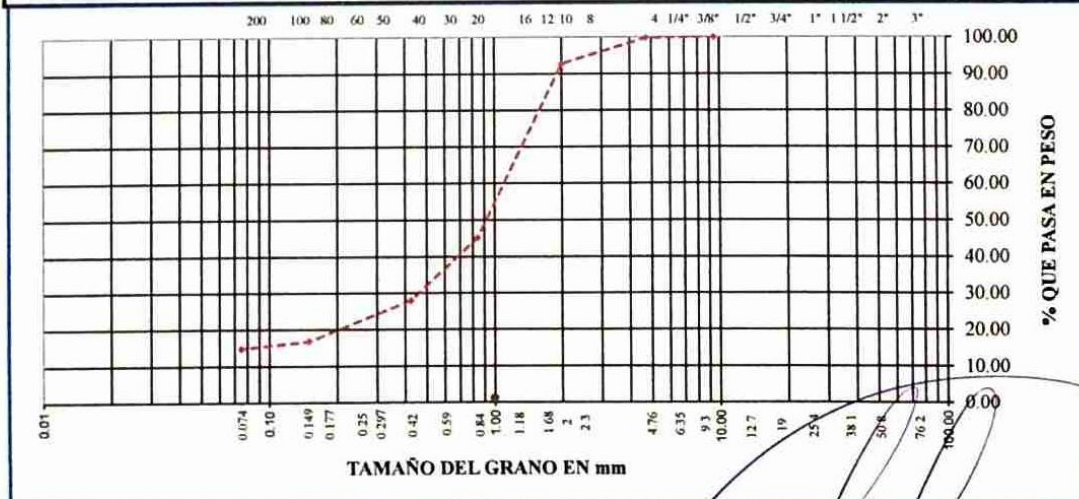
ANALISIS GRANULOMÉTRICO

**ASTM
D-422**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
CALICATA	C - 02	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUESTRA	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+153
PROFUNDIDAD	1.70 m	COORDENADAS	X 379421.4 m. Y 8287594.63 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		
		FECHA	12/11/2018

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 1008.00 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : 0.00 Grs
2"	50.000					Grava : 0.20 %
1 1/2"	37.500					Arena : 85.00 %
1"	25.000					Fino : 14.80 %
3/4"	19.000					W natural : 9.78 %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	2.00	0.20	0.20	99.80	L.L. : NP %
No.10	2.000	72.00	7.10	7.30	92.70	L.P. : NP %
No.20	0.840	480.00	47.60	54.90	45.10	I.P. : NP %
No.40	0.425	173.00	17.20	72.10	27.90	
No.100	0.150	112.00	11.10	83.20	16.80	CLASIFICACION
No.200	0.075	20.00	2.00	85.20	14.80	SUCS : SM
<No.200		149.00	14.80	100.00		AASHTO : A-1-b

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Ricardo [Signature]
 CIP 16666
 PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO : **LÍMITES DE ATTERBERG** **ASTM D-424**

PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

UBICACIÓN : Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.

CALICATA : C - 02 **ESTRATO :** E - 03

ESTADO MUEST : Muestra Alterada **PROGRESIVA :** km 00+153

PROFUNDIDAD : 1.70 m **COORDENADAS :** X: 379421.4 m.

RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno **Y:** 8287594.63 m.

FECHA : 13/11/2018

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
01. No. DE GOLPES		NO PRESENTA				NO PRESENTA			
02. TARRO No.									
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
04. SUELO SECO * TARRO	g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
05. PESO DEL AGUA	g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
06. PESO DEL TARRO	g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
07. PESO DEL SUELO SECO	g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
08. HUMEDAD	%	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
L.L.=		NP %		L.P.=		NP %		I.P.=	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Acero
PLANTA ASFALTOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

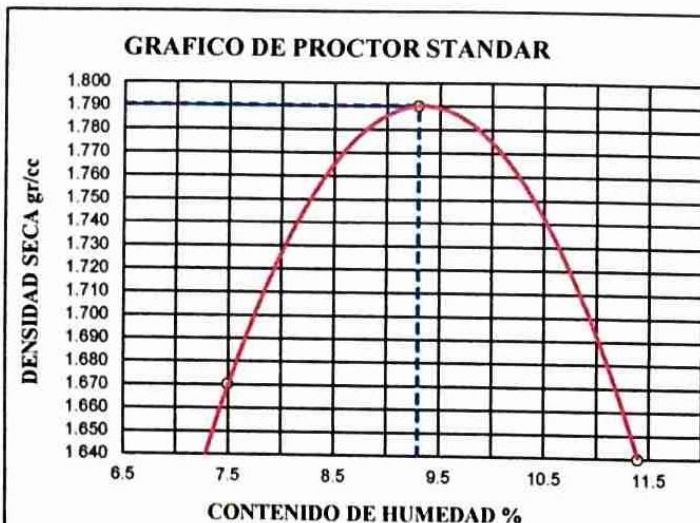
ENSAYO :

PROCTOR STANDAR

ASTM
D-698

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno		
CALICATA	C - 02	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUEST	Muestra Alterada	PROGRESIV#	km 00+153
PROFUNDIDAD	1.70 m	COORDENAE:	X: 379421.4 m. Y: 8287594.63 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	FECHA	13/11/2018
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,827	5,980	5,857		
PESO MOLDE	4,159	4,159	4,159		
PESO SUELO COMPACTADO	1,668	1,821	1,698		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.79	1.96	1.83		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	245.00	236.00	255.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	228.00	216.00	229.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	17.00	20.00	26.00		
PESO DE SUELO SECO	228.00	216.00	229.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.50	9.30	11.40		
DENSIDAD SECA	1.67	1.79	1.64		



Max. densidad seca
1.790 gr/cm3

Conten. humedad óptima
9.30 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Riquelme Acero
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

**ASTM
D-1883**

PROYECTO DE TESIS	:	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.			
UBICACIÓN	:	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno			
CALICATA	:	C - 02	ESTRATO	:	E - 03
ESTADO MUE	:	Muestra Alterada	PROGRESIVA	:	km 00+153
PROFUNDIDA	:	1.70 m	COORDENADAS	:	X 379421.4 m.
RESPONSABL	:	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno		:	Y 8287594.63 m.
	:	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	:	12/11/2018

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr	11168	11157	11090
Peso del molde gr	7120	7216	7238
Peso del suelo húmedo gr	4048	3941	3852
Volumen del molde cc	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda gr/cc	1.95	1.9	1.85
Humedad %	9.10	9.50	9.30
Densidad seca gr/cc	1.79	1.74	1.69
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr	300	324	366
Tarro suelo seco gr	275	296	335
Agua gr	25	28	31
Peso del Tarro gr	0	0	0
Peso del suelo seco gr	275	296	335
Humedad %	9.1	9.5	9.3
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
12-nov.-18	11:00:00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-nov.-18	11:00:00 a.m.	24	1	0.01	0.008	3	0.03	0.024	5	0.05	0.040
14-nov.-18	11:00:00 a.m.	48	2	0.02	0.016	4	0.04	0.032	6	0.06	0.047
15-nov.-18	11:00:00 a.m.	72	6	0.06	0.0395	8	0.08	0.0395	15	0.15	0.079

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	24	275	92	19	225	75	15	184	61
1.00	1.300	0.50	26	295	98	21	245	82	18	214	71
1.30	1.900	0.075	30	335	112	26	295	98	21	245	82
2.00	2.500	0.100	37	405	135	30	335	112	26	295	98
3.00	3.800	0.150	50	535	178	41	445	148	36	395	132
4.00	5.000	0.200	56	596	199	49	525	175	42	455	152
5.00	6.000	0.250	62	656	219	55	586	195	52	556	185
6.00	7.500	0.300	76	796	265	61	646	215	55	586	195
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Acero
PLANTA ASFALTUOSA Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

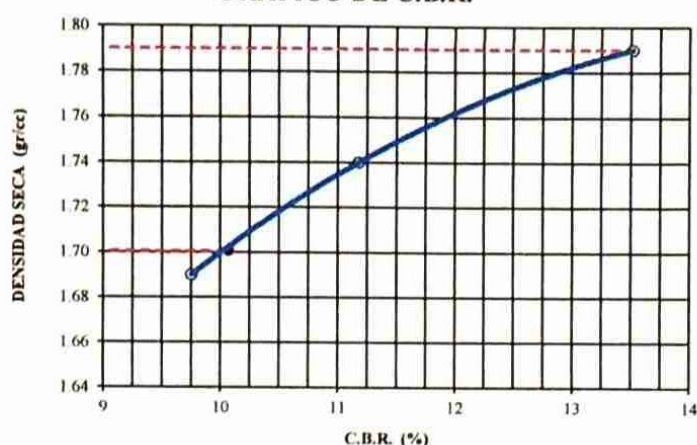
ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

**ASTM
D-1883**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de		
CALICATA	C - 02	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUE	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+153
PROFUNDIDA	1.70 m	COORDENAD	X: 379421.4 m. Y: 8287594.63 m.
RESPONSABL	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	FECHA	15/11/2018
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1% AL 100% = 13.52%

C.B.R. 0.1% AL 95% MDS = 10.07%

LEYENDA

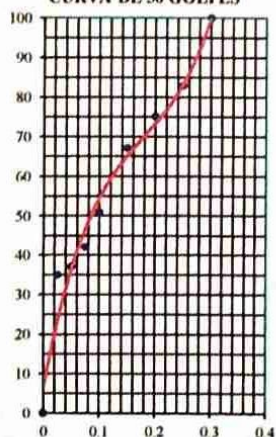
— CURVA A 0.1%

C.B.R. 0.1% = 13.5%

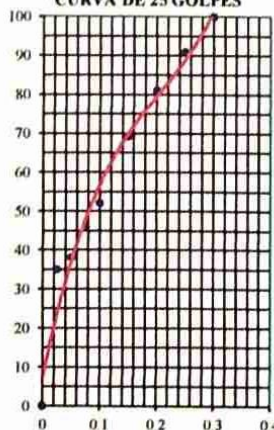
C.B.R. 0.1% = 11.2%

C.B.R. 0.1% = 9.8%

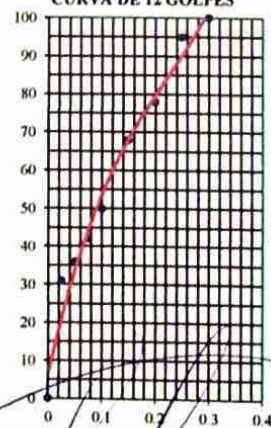
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES




CURVA DE 12 GOLPES







MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA


Ing. Ricardo Acero
PLANTA ASFALTICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

E. 1.3 Calicata 3 (C-3).

		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
PROYECTO DE TESIS		Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.					
UBICACIÓN		: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.					
RESPONSABLE		: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		Coordenadas de Ubicación en X		: 379501.84 m.	
		: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		Coordenadas de Ubicación en Y		: 8287390.05 m.	
FECHA		: 15/11/2018		Nº de punto de investigación		: C - 03	
PROGRESIVA		: km 00+370					

COTA (m)	TIPO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO			PANEL FOTOGRÁFICO	
						LL(%)	LP(%)	LN(%)		
0.00	A CIELO ABIERTO	E-01		Material Conformado por relleno de cantera contaminado.						
0.05										
0.10										
0.15		E-02	GM	Material granular limoso color gris con mezcla de partículas grava, arena y limo.						
0.20										
0.25										
0.30		E-03	SP	A-3(0)	Arena pobremente graduada, arenas limosas mezcla de arena fina y limo.	M A	NP	NP	10.11	
0.35										
0.40										
0.45										
0.50										
0.55										
0.60										
0.65										
0.70										
0.75										
0.80										
0.85										
0.90										
0.95										
1.00										
1.05										
1.10										
1.15										
1.20										
1.25										
1.30										
1.35										
1.40										
1.45										
1.50										
1.55										
1.60										
1.65										
1.70										
1.75										
1.80										
1.85										
1.90										
1.95										
2.00										

OBSERVACIONES	
MI: Muestra inalterada	
MA: Muestra alterada	
MNC: Muestra no conseguida	
 Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m)	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 141836
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

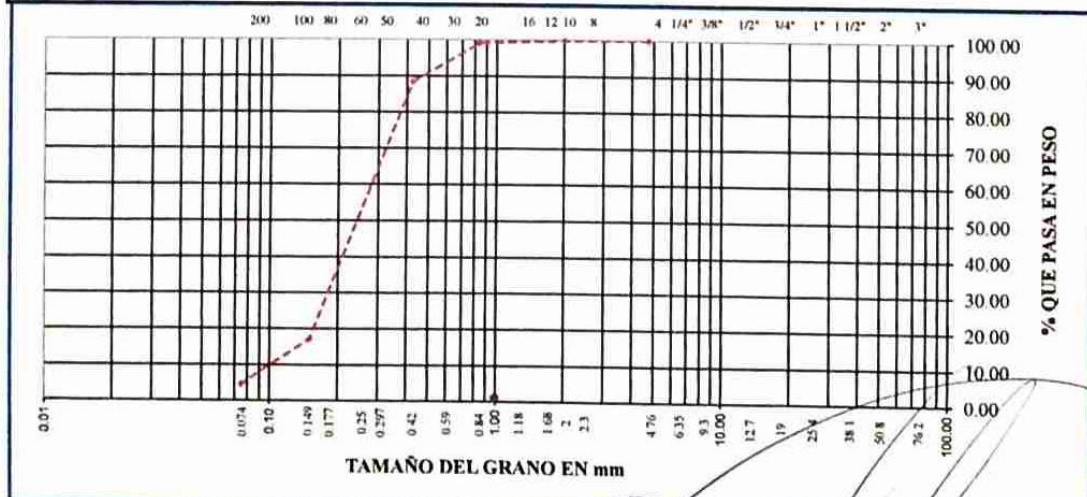
ANALISIS GRANULOMÉTRICO

**ASTM
D-422**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
CALICATA	C - 03	ESTRATO	E - 03
ESTADO MUESTRA	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+370
PROFUNDIDAD	1.60 m	COORDENADAS	X: 379501.84 m. Y: 8287390.05 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	16/11/2018

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 1190.00 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 0.00 Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 95.40 %
1"	25.000						Fino : 4.60 %
3/4"	19.000						W natural : 10.11 %
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
No.04	4.750				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.10	2.000	1.00	0.10	0.10	99.90		L.L. : NP %
No.20	0.840	9.00	0.80	0.90	99.10		L.P. : NP %
No.40	0.425	127.00	10.70	11.60	88.40		I.P. : NP %
No.100	0.150	848.00	71.30	82.90	17.10		CLASIFICACION
No.200	0.075	149.00	12.50	95.40	4.60		SUCS : SP
<No.200		56.00	4.60	100.00			AASHTO : A-3(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**

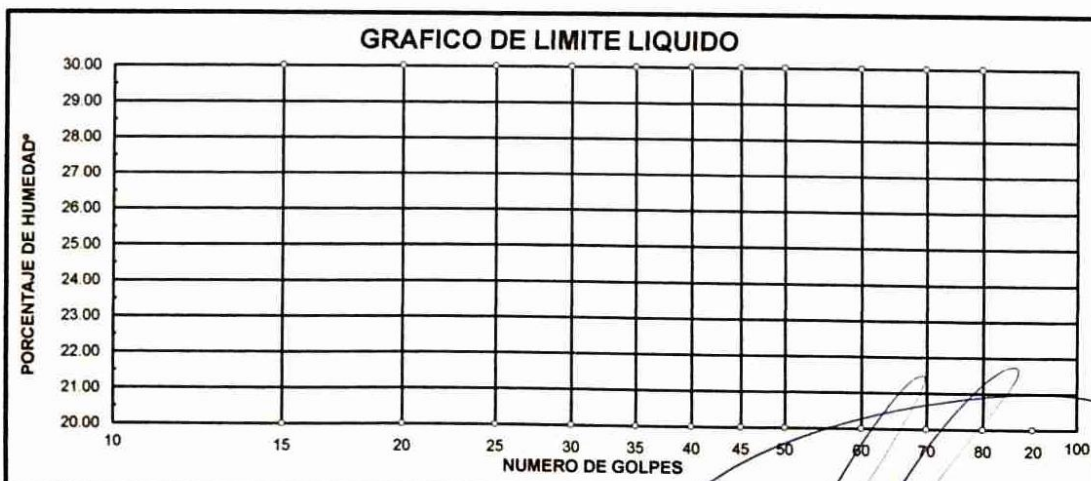


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. R. Aram Arero
PLANTA ASISTENTE
PAVIMENTOS

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
	ENSAYO :	LÍMITES DE ATTERBERG
		ASTM D-424
PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.	
CALICATA :	C - 03	ESTRATO : E - 03
ESTADO MUEST :	Muestra Alterada	PROGRESIVA : km 00+370
PROFUNDIDAD :	1.60 m	COORDENADAS : X: 379501.84 m.
RESPONSABLES :	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	Y: 8287390.05 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA : 17/11/2018

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
01. No.DE GOLPES	NO PRESENTA				NO PRESENTA			
02. TARRO No.								
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
04. SUELO SECO * TARRO g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
05. PESO DEL AGUA g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
06. PESO DEL TARRO g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
07. PESO DEL SUELO SECO g	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
08. HUMEDAD %	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		
L.L.=	NP %		L.P.=	NP %		L.P.=	NP %	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. R. Acero

PLANTA ASFALTO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

PROCTOR STANDAR

**ASTM
D-698**

PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

UBICACIÓN : Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno

CALICATA : C - 03 **ESTRATO :** E - 03

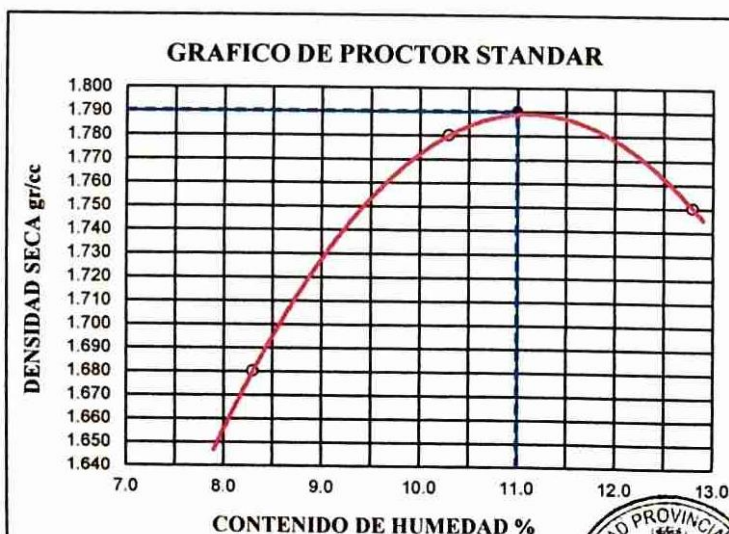
ESTADO MUESTRA : Muestra Alterada **PROGRESIV# :** km 00+370

PROFUNDIDAD : 1.60 m **COORDENAS :** X: 379501.84 m.

RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno **Y :** 8287390.05 m.

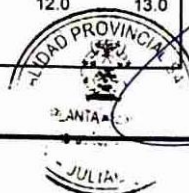
FECHA : 17/11/2018

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,847	5,976	5,992		
PESO MOLDE	4,159	4,159	4,159		
PESO SUELO COMPACTADO	1,688	1,817	1,833		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.96	1.97		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	235.00	278.00	265.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	217.00	252.00	235.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	18.00	26.00	30.00		
PESO DE SUELO SECO	217.00	252.00	235.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.30	10.30	12.80		
DENSIDAD SECA	1.68	1.78	1.75		



Max. densidad seca
1.790 gr/cm³

Conten. humedad óptima
11.00 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. R. Acero

PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

RELACIÓN DE SOPORTE DE
CALIFORNIA (CBR)

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	: Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico
UBICACIÓN	: Av. Circunvalación Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.
CALICATA	: C - 03
ESTADO MUE	: Muestra Alterada
PROFUNDIDA	: 1.60 m
RESPONSABL	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno
	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco
	: E - 03
	: km 00+370
	: X 379501.84 m.
	: Y 8287390.05 m.
	: 16/11/2018

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr.	11245	11245	11136
Peso del molde gr.	7120	7216	7238
Peso del suelo húmedo gr.	4125	4029	3898
Volumen del molde cc.	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda gr/cc	1.99	1.94	1.88
Humedad %	10.90	11.20	11.30
Densidad seca gr/cc	1.79	1.74	1.69
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	356	378	365
Tarro suelo seco gr.	321	340	328
Agua gr.	35	38	37
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	321	340	328
Humedad %	10.9	11.2	11.3
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
16-nov.-18	11:00.00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-nov.-18	11:00.00 a.m.	24	1	0.01	0.0079	3	0.03	0.0237	5	0.05	0.0395
18-nov.-18	11:00.00 a.m.	48	2	0.02	0.0158	4	0.04	0.0316	6	0.06	0.0474
19-nov.-18	11:00.00 a.m.	72	4	0.04	0.365	6	0.06	0.0412	12	0.13	0.0753

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	25	285	95	20	235	78	16	194	65
1.00	1.300	0.50	28	315	105	23	265	88	19	225	75
1.30	1.900	0.075	31	345	115	27	305	102	22	255	85
2.00	2.500	0.100	39	425	142	32	355	118	27	305	102
3.00	3.800	0.150	51	546	182	43	465	155	37	405	135
4.00	5.000	0.200	58	616	205	51	546	182	43	465	155
5.00	6.000	0.250	64	676	225	56	596	199	50	535	178
6.00	7.500	0.300	78	816	272	64	676	225	56	596	199
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Rocio Aroni Arero
 PLANTA ASISTENTE
 Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

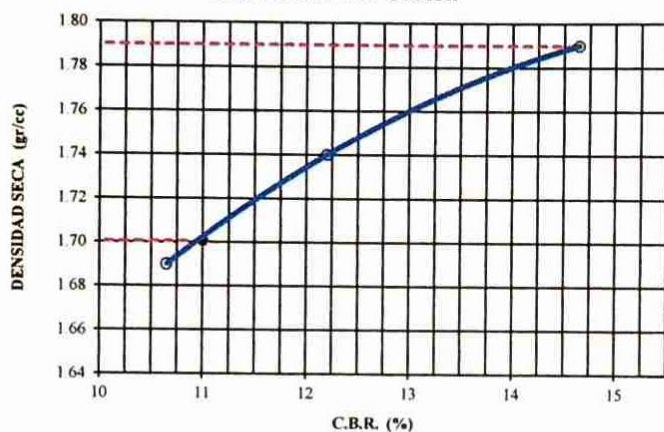
ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	: Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
CALICATA	: C - 03	ESTRATO	: E - 03
ESTADO MUE	: Muestra Alterada	PROGRESIVA	: km 00+370
PROFUNDIDA	: 1.60 m	COORDENAD	: X: 379501.84 m. Y: 8287390.05 m.
RESPONSABL	: Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	FECHA	: 19/11/2018

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

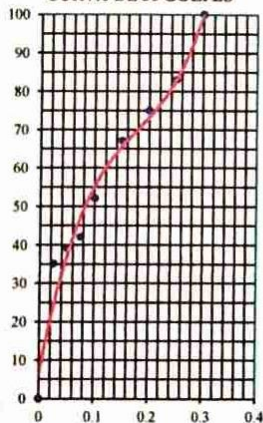
C.B.R.01" AL 100% = 14.14%

C.B.R.01" AL 95% MDS = 10.50%

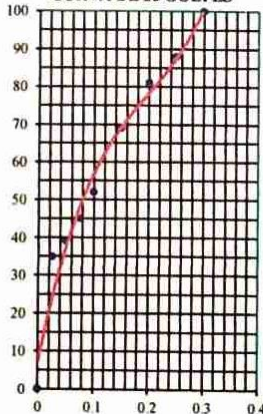
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

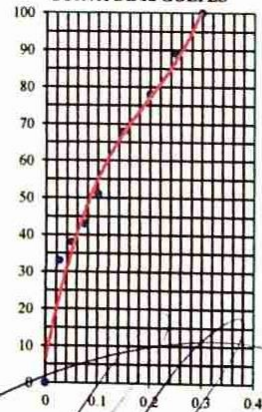
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES




CURVA DE 12 GOLPES





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA


Ing. *[Signature]* Aroni Acero
CIP 174836
PLANTA ASFALTO Y SUELOS Y PAVIMENTOS

E. 1.4 Calicata 4 (C-4).

		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.						
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.						
RESPONSABLE	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno			Coordenadas de Ubicación en X	: 379580.67 m.		
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco			Coordenadas de Ubicación en Y	: 8287180.26 m.		
FECHA	: 19/11/2018			Nº de punto de investigación	: C - 04		
PROGRESIVA	: km 00+596						

COTA (m)	TIPO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO			PANEL FOTOGRÁFICO
						L.L.(%)	L.P.(%)	H.N.(%)	
0.00	A CIELO ABIERTO	E-01	PT	Presencia de raíces de color café oscuro					
0.05									
0.10									
0.15									
0.20									
0.25									
0.30									
0.35									
0.40									
0.45									
0.50									
0.55									
0.60									
0.65									
0.70									
0.75									
0.80									
0.85									
0.90									
0.95									
1.00									
1.05									
1.10									
1.15									
1.20									
1.25									
1.30									
1.35									
1.40									
1.45									
1.50									
1.55									
1.60									
1.65									
1.70									
1.75									
1.80									
1.85									
1.90									
1.95									
2.00									

OBSERVACIONES
MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
 : Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ino. Ricardo Aron Acero
CJP 1093.36
PLANTA ASISTENTE Y TAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

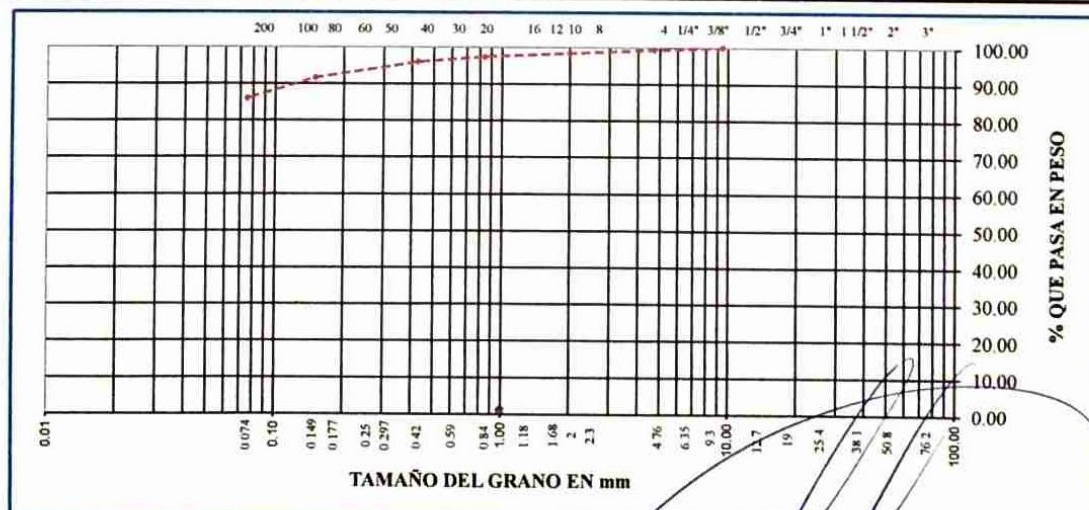
ANALISIS GRANULOMÉTRICO

**ASTM
D-422**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
CALICATA	C - 04	ESTRATO	E - 04
ESTADO MUESTRA	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+596
PROFUNDIDAD	1.65 m	COORDENADAS	X 379580.67 m. Y: 8287180.26 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	FECHA	20/11/2018
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 1022 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : Grs
2"	50.000					Grava : 0.70 %
1 1/2"	37.500					Arena : 13.40 %
1"	25.000					Fino : 85.90 %
3/4"	19.000					W natural : 25.00 %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	7.00	0.70	0.70	99.30	L.L. : 33.10 %
No.10	2.000	9.00	0.90	1.60	98.40	L.P. : 20.05 %
No.20	0.840	11.00	1.10	2.70	97.30	I.P. : 13.05 %
No.40	0.425	14.00	1.40	4.10	95.90	
No.100	0.150	45.00	4.40	8.50	91.50	CLASIFICACION
No.200	0.075	57.00	5.60	14.10	85.90	SUCS : CL
<No.200		879.00	86.00	100.1		AASHTO : A-6


**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



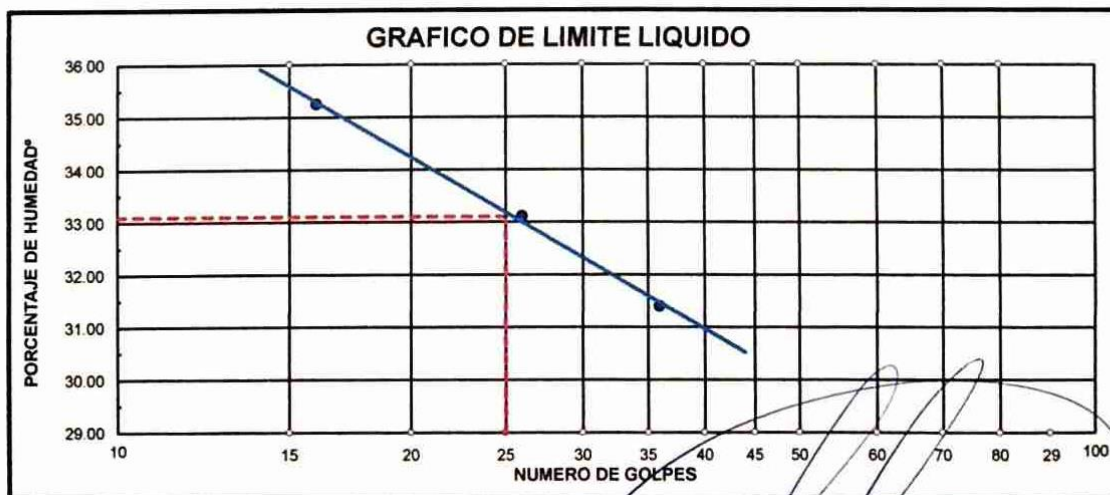
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo
CIP
PLANTA ASEA
JULIACA

roni Acero
36
S Y PAVIMENTOS

		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
ENSAYO	LÍMITES DE ATTERBERG		ASTM D-424
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.		
CALICATA	C - 04	ESTRATO	E - 04
ESTADO MUESTRA	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+596
PROFUNDIDAD	1.65 m	COORDENADAS	X: 379580.67 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		Y: 8287180.26 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	21/11/2018

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
01. No. DE GOLPES	36	26	16		6T	7T	
02. TARRO No.	6	7	8				
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	29.01	30.33	30.99		8.35	8.12	
04. SUELO SECO * TARRO g	24.72	25.55	25.82		7.63	7.46	
05. PESO DEL AGUA g	4.29	4.78	5.17		0.72	0.66	
06. PESO DEL TARRO g	11.06	11.11	11.15		4.09	4.12	
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.66	14.44	14.67		3.54	3.34	
08. HUMEDAD %	31.41	33.10	35.24		20.34	19.76	
<div> <div>L.L.= 33.10 %</div> <div>L.P.= 20.05 %</div> <div>I.P.= 13.05 %</div> </div>							



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Ricardo Acero Acero
 PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO

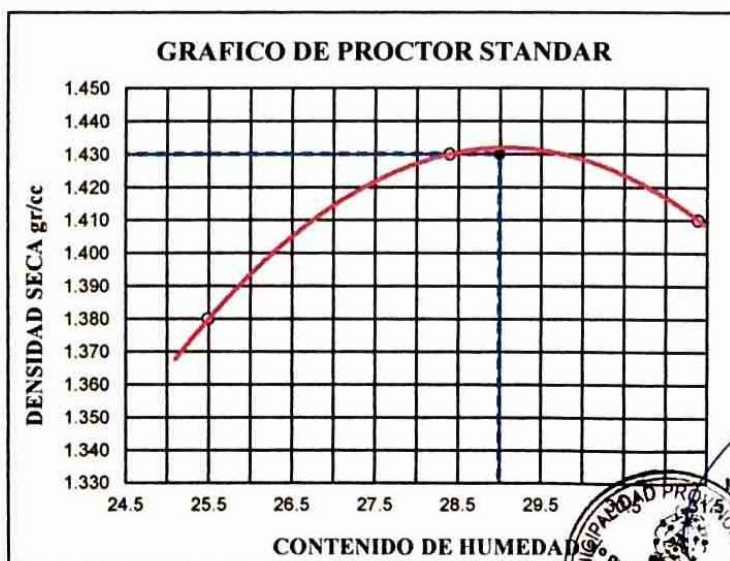
ENSAYO :

PROCTOR STANDAR

**ASTM
D-698**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	: v. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puz		
CALICATA	: C - 04	ESTRATO	: E - 04
ESTADO MUEST	: Muestra Alterada	PROGRESIV#	: km 00+596
PROFUNDIDAD	: 1.65 m	COORDENAI	: X: 379580.67 m.
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Cent		: Y: 8287180.26 m.
	: Bach.Jhon Williams Estrada Moroc	FECHA	: 21/11/2018

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5.765	5.859	5.872		
PESO MOLDE	4.154	4.154	4.154		
PESO SUELO COMPACTADO	1.611	1.705	1.718		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.73	1.83	1.85		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	315.00	344.00	318.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	251.00	268.00	242.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	64.00	76.00	76.00		
PESO DE SUELO SECO	251.00	268.00	242.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	25.50	28.40	31.40		
DENSIDAD SECA	1.38	1.43	1.41		



Max. densidad seca
1.430 gr/cm3

Conten. humedad óptima
29.00 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

[Signature]
Ing. R. [Signature] Acero



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

RELACIÓN DE SOPORTE DE
CALIFORNIA (CBR)

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	:	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
UBICACIÓN	:	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.	
CALICATA	:	C - 04	ESTRATO : E - 04
ESTADO MUE	:	Muestra Alterada	PROGRESIVA : km 00+596
PROFUNDIDA	:	1.65 m	COORDENADAS : X 379580.67 m.
RESPONSABL	:	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	: Y 8287180.26 m.
	:	Bach Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA : 20/11/2018

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11932	11590		10999	
Peso del molde	gr.	7980	7940		7648	
Peso del suelo húmedo	gr.	3952	3650		3351	
Volúmen del molde	cc.	2123	2123		2114	
Densidad Humeda	gr./cc	1.86	1.72		1.59	
Humedad	%	29.40	30.00		31.30	
Densidad seca	gr./cc	1.44	1.32		1.21	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	422	520		394	
Tarro suelo seco	gr.	326	400		300	
Agua	gr.	96	120		94	
Peso del Tarro	gr.	0	0		0	
Peso del suelo seco	gr.	326	400		300	
Humedad	%	29.4	30.0		31.3	
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
20-nov.-18	10:00.00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-nov.-18	10:00.00 a.m.	25	110	1.1	0.869	145	1.45	1.146	160	1.6	1.264
22-nov.-18	10:00.00 a.m.	48	198	1.98	1.564	210	2.1	1.659	212	2.12	1.675
23-nov.-18	10:00.00 a.m.	45	212	2.12	0.806	226	2.26	0.640	236	2.36	0.600

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	2	79	26	1	69	23	0	60	20
1.00	1.300	0.50	8	137	46	3	89	30	2	79	26
1.30	1.900	0.075	16	214	71	7	127	42	4	98	33
2.00	2.500	0.100	23	282	94	16	214	71	8	137	46
3.00	3.800	0.150	27	320	107	18	233	78	15	204	68
4.00	5.000	0.200	42	465	155	26	311	104	17	224	75
5.00	6.000	0.250	47	514	171	36	407	136	27	320	107
6.00	7.500	0.300	57	610	203	46	504	168	37	417	139
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. R. Acero
 CIP 10666
 PLANTA ASFALTU Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

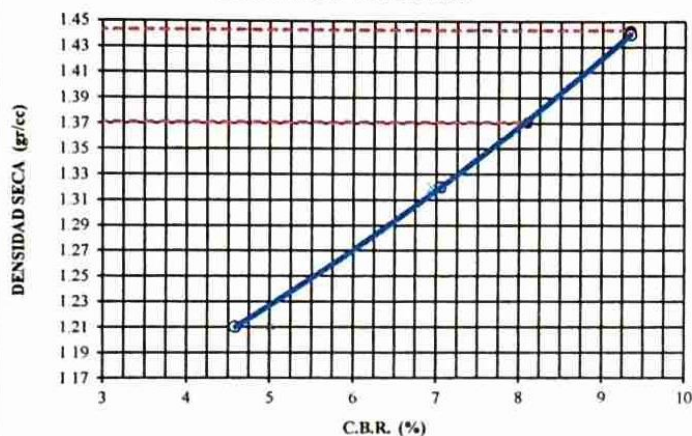
ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	: Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.		
CALICATA	: C - 04	ESTRATO	: E - 04
ESTADO MUE	: Muestra Alterada	PROGRESIVA	: km 00+596
PROFUNDIDA	: 1.65 m	COORDENAD	: X 379580.67 m.
RESPONSABL	: Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	Y	: 8287180.26 m
	: Bach.Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	: 23/11/2018

GRAFICO DE C.B.R.



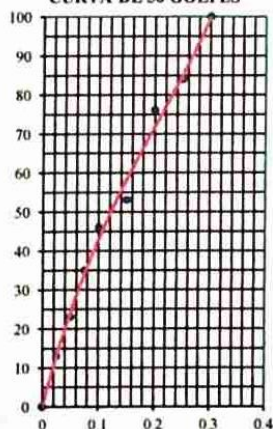
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 9.3%
C.B.R.01" AL 95% MDS = 8.10%

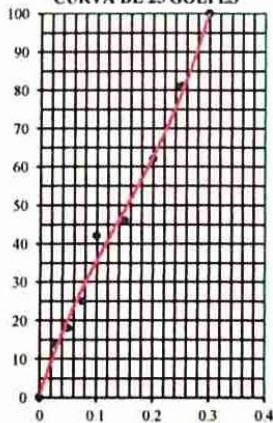
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

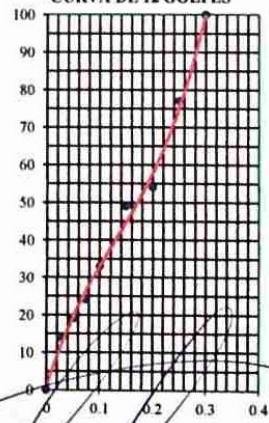
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES




CURVA DE 12 GOLPES







MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 109836
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS

E. 1.5 Calicata 5 (C-5).

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
<h2 style="margin: 0;">PERFIL ESTRATIGRÁFICO</h2>			
PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.		
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.		
RESPONSABLE :	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	Coordenadas de Ubicación en X :	379661.78 m.
FECHA :	23/11/2018	Coordenadas de Ubicación en Y :	8286974.8 m.
PROGRESIVA :	km 00+816	Nº de punto de investigación :	C - 05


COTA (m)	TIPO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO			PANEL FOTOGRÁFICO				
						L.L.(%)	L.P.(%)	H.N.(%)					
0.00	A CIELO ABIERTO	E-01	PT	Presencia de raíces de color café oscuro									
0.05													
0.10													
0.15													
0.20		E-02	SM	Arena Limosa, color Café Claro									
0.25													
0.30													
0.35													
0.40		E-03	MH	Limo Arcilloso, color Café oscuro									
0.45													
0.50													
0.55													
0.60		E-04	CL A-6	Arcilla Limosa, color Café con presencia de gravillas	M A	31.30	16.86	27.00					
0.65													
0.70													
0.75													
0.80													
0.85													
0.90													
0.95													
1.00													
1.05													
1.10													
1.15													
1.20													
1.25													
1.30													
1.35													
1.40													
1.45													
1.50													
1.55													
1.60													
1.65													
1.70													
1.75													
1.80													
1.85													
1.90													
1.95													
2.00													


OBSERVACIONES

MI: Muestra inalterada

MA: Muestra alterada

MNC: Muestra no conseguida

 Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP/109836
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM
D-422

24/11/2018

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

**ASTM
D-424**

PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

UBICACIÓN : Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.

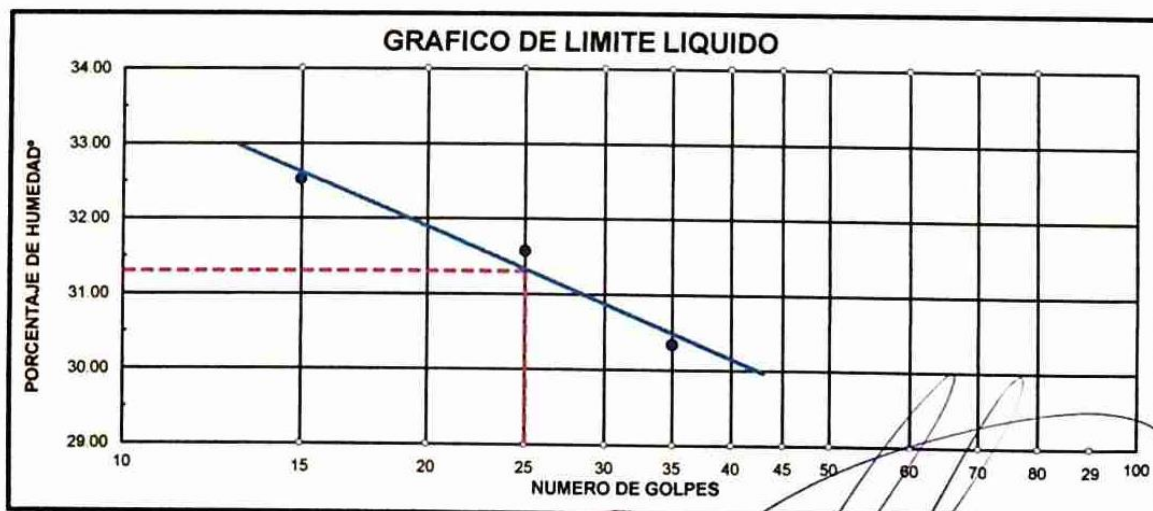
CALICATA : C - 05 **ESTRATO** : E - 04

ESTADO MUEST : Muestra Alterada **PROGRESIVA** : km 00+816

PROFUNDIDAD : 1.80 m **COORDENADAS** : X: 379661.78 m.
Y: 8286974.8 m.

RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno
Bach. Jhon Williams Estrada Morocco **FECHA** : 25/11/2018

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
01. No.DE GOLPES	35	25	15		7T	9T
02. TARRO No.	3	4	5			
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	29.15	29.93	29.60		10.67	10.29
04. SUELO SECO * TARRO g	24.96	25.39	25.07		9.70	9.44
05. PESO DEL AGUA g	4.19	4.54	4.53		0.97	0.85
06. PESO DEL TARRO g	11.15	11.01	11.14		4.12	4.24
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.81	14.38	13.93		5.58	5.20
08. HUMEDAD %	30.34	31.57	32.52		17.38	16.35
L.L.=	31.30 %	L.P.=	16.86 %		I.P.=	14.44 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Rocio Acero
C.E.
PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO : **PROCTOR STANDAR** **ASTM D-698**

PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

UBICACIÓN : Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno

CALICATA : C - 05 **ESTRATO :** E - 04

ESTADO MUESTRA : Muestra Alterada **PROGRESIVIDAD :** km 00+816

PROFUNDIDAD : 1.80 m **COORDENADAS :** X: 379661.78 m. Y: 8286974.8 m.

RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno **FECHA :** 25/11/2018

: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5.781	5.872	5.888		
PESO MOLDE	4.150	4.150	4.150		
PESO SUELO COMPACTADO	1.631	1.722	1.738		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.75	1.85	1.87		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	313.00	343.00	316.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	248.00	265.00	238.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	65.00	78.00	78.00		
PESO DE SUELO SECO	248.00	265.00	238.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	26.20	29.40	32.80		
DENSIDAD SECA	1.39	1.43	1.41		



Max. densidad seca
1.430 gr/cm3

Conten. humedad óptima
29.99 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Rie...
PLANTA ASFALTO... PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

**RELACIÓN DE SOPORTE DE
CALIFORNIA (CBR)**

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	:	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecánico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.	
UBICACIÓN	:	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.	
CALICATA	:	C - 05	ESTRATO : E - 04
ESTADO MUE	:	Muestra Alterada	PROGRESIVA : km 00+816
PROFUNDIDA	:	1.80 m	COORDENADAS : X 379661.78 m.
RESPONSABL	:	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	: Y 8286974.8 m.
	:	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA : 24/11/2018

Molde N°		1		2		3	
Capa N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11827		11485		10894	
Peso del molde	gr	7976		7936		7644	
Peso del suelo humedo	gr	3851		3549		3250	
Volumen del molde	cc.	2123		2123		2114	
Densidad Humeda	gr/cc	1.81		1.67		1.54	
Humedad	%	26.20		21.70		23.20	
Densidad seca	gr/cc	1.43		1.37		1.25	
Tarro N°		1		2		3	
Tarro suelo humedo	gr	410		488		372	
Tarro suelo seco	gr	325		401		302	
Agua	gr	85		87		70	
Peso del Tarro	gr	0		0		0	
Peso del suelo seco	gr	325		401		302	
Humedad	%	26.2		21.7		23.2	
Promedio de la humedad	%						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
24-nov -18	10:35:00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-nov -18	10:35:00 a.m.	25	111	1.11	0.877	136	1.36	1.074	160	1.6	1.264
26-nov -18	10:35:00 a.m.	35	189	1.89	1.493	212	2.12	1.675	212	2.12	1.675
27-nov -18	10:35:00 a.m.	45	212	2.12	0.798	228	2.28	0.727	236	2.36	0.600

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	1	69	23	1	69	23	0	60	20
1.00	1.300	0.50	6	118	39	2	79	26	2	79	26
1.30	1.900	0.075	15	204	68	9	147	49	4	98	33
2.00	2.500	0.100	20	253	84	17	224	75	8	137	46
3.00	3.800	0.150	27	320	107	17	224	75	16	214	71
4.00	5.000	0.200	40	446	149	34	388	129	26	311	104
5.00	6.000	0.250	47	514	171	37	417	139	36	407	136
6.00	7.500	0.300	57	610	203	47	514	171	46	504	168
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. R. Arero
PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

ASTM
D-1883

PROYECTO
DE TESIS

: Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca.

UBICACIÓN

: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.

CALICATA

: C - 05

ESTRATO

E - 04

ESTADO MUE

: Muestra Alterada

PROGRESIVA

km 00+816

PROFUNDIDA

: 1.80 m

COORDENAD.

X: 379661.78 m.

RESPONSABL

: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno

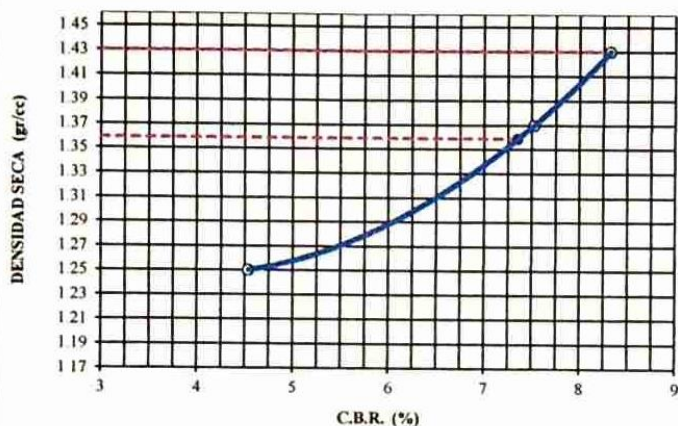
Y: 8286974.8 m.

: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

FECHA

: 27/11/2018

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

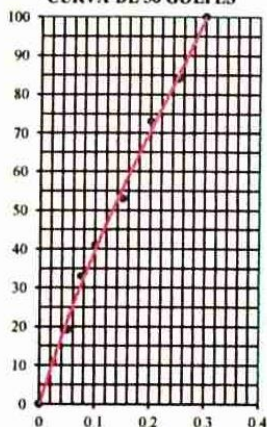
C.B.R.01" AL 100% = 8.3%

C.B.R.01" AL 95% MDS = 7.35%

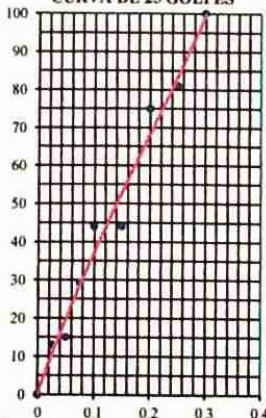
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

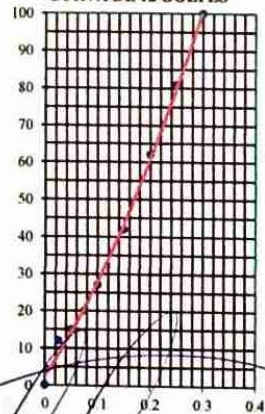
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES


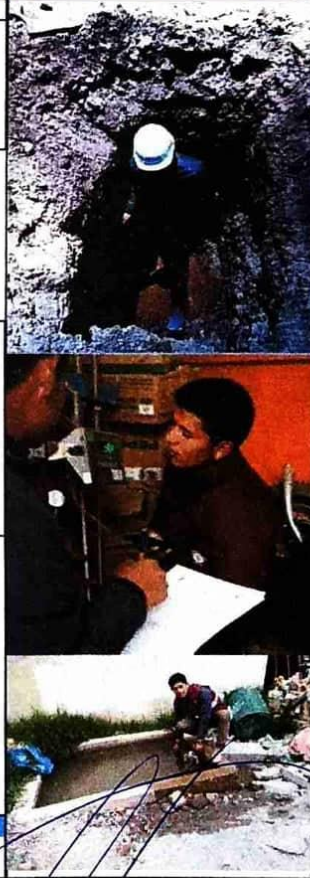


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Acero
Ing. Ricardo Acero

PLANTA ASFALTO Y PAVIMENTOS

E. 1.6 Calicata 6 (C-6).


		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
PERFIL ESTRATIGRÁFICO									
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca								
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del Distrito de Juliaca - Provincia de San Román - Departamento de Puno.								
RESPONSABLE	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno			Coordenadas de Ubicación en X		379661.78 m.			
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco			Coordenadas de Ubicación en Y		8286974.8 m.			
FECHA	27/11/2018			N° de punto de investigación		C - 06			
PROGRESIVA	km 00+816								
COTA (m)	TIPO DE EXCAVACION	SIMBOLO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIA	Muestra	ENSAYOS EN LABORATORIO		PANEL FOTOGRÁFICO	
						LL(%)	LP(%)		HLN(%)
0.00	A CIELO ABIERTO	E-01	PT	Presencia de raíces de color café oscuro					
0.05									
0.10									
0.15									
0.20									
0.25									
0.30									
0.35									
0.40									
0.45									
0.50		E-02	MH	Limo Arcilloso, color Café oscuro					
0.55									
0.60									
0.65									
0.70									
0.75									
0.80									
0.85									
0.90	E-03	SM	Arena Limosa, color Café Claro						
0.95									
1.00									
1.05									
1.10									
1.15									
1.20									
1.25									
1.30	E-04	CL	A-7-6	Arcilla Limosa, color Café con presencia de gravillas	M A	41.00	23.50	19.81	
1.35									
1.40									
1.45									
1.50									
1.55									
1.60									
1.65									
1.70									
1.75									
1.80									
1.85									
1.90									
1.95									
2.00									


OBSERVACIONES


MI: Muestra inalterada

MA: Muestra alterada

MNC: Muestra no conseguida

 Nivel freático

 Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP: 1236
PLANTA ASFALTO Y L.35
US Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

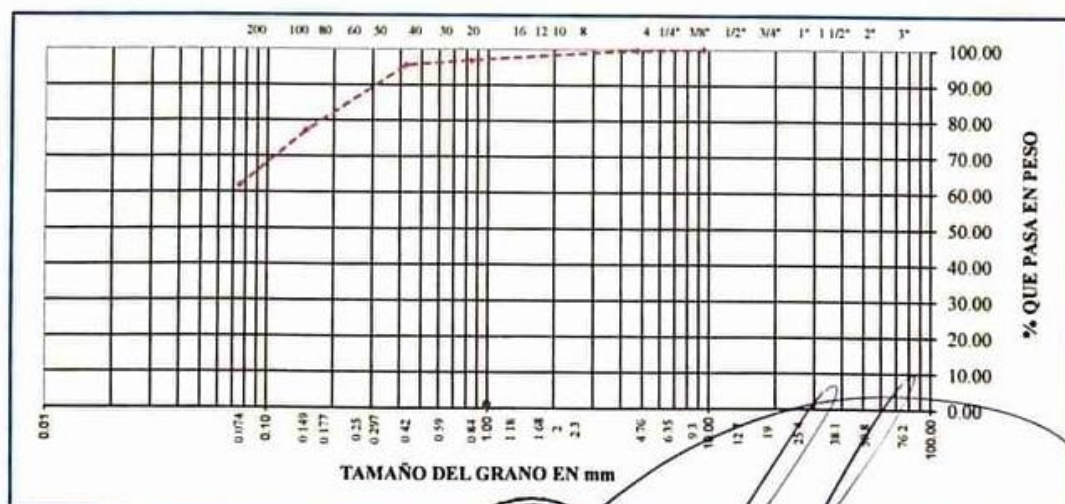
ENSAYO : **ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

ASTM
D-422

PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN : Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CALICATA : C - 06 ESTRATO : E - 04
ESTADO MUESTRA : Muestra Alterada PROGRESIVA : km 00+985
PROFUNDIDAD : 1.85 m COORDENADAS : X 379731.98 m.
RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno Y: 8286821 73 m.
FECHA : 28/11/2018

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 949.00 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : 0.00 Grs
2"	50.000					Grava : 0.40 %
1 1/2"	37.500					Arena : 37.80 %
1"	25.000					Fino : 61.80 %
3/4"	19.000					W natural : 19.81 %
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	4.00	0.40	0.40	99.60	L.L. : 41.00 %
No 10	2.000	11.00	1.20	1.60	98.40	L.P. : 23.50 %
No 20	0.840	15.00	1.60	3.20	96.80	I.P. : 17.50 %
No 40	0.425	12.00	1.30	4.50	95.50	
No 100	0.150	175.00	18.40	22.90	77.10	CLASIFICACION
No 200	0.075	145.00	15.30	38.20	61.80	SUCS : CL
<No 200		587.00	61.80	100.00		AASHTO : A-7-6

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Armini Acero

PLANTA ASISTENTE Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

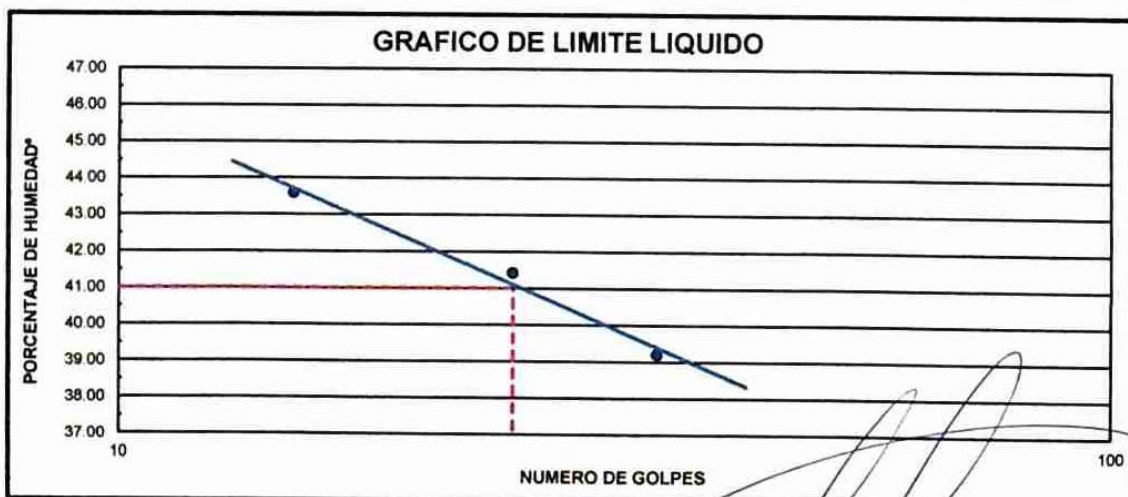
ENSAYO :

LÍMITES DE ATTERBERG

ASTM
D-424

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.		
CALICATA	: C - 06	ESTRATO	: E - 04
ESTADO MUEST	: Muestra Alterada	PROGRESIVA	: km 00+985
PROFUNDIDAD	: 1.85 m	COORDENADAS	: X: 379731.98 m.
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno	: Y:	8286821.73 m.
	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	: 29/11/2018

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
01. No DE GOLPES	35	25	15		7T	9T	
02. TARRO No.	3	4	5				
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	26.11	27.65	28.21		8.02	8.12	
04. SUELO SECO * TARRO g	21.90	22.78	23.02		7.27	7.38	
05. PESO DEL AGUA g	4.21	4.87	5.19		0.75	0.74	
06. PESO DEL TARRO g	11.16	11.02	11.11		4.12	4.19	
07. PESO DEL SUELO SECO g	10.74	11.76	11.91		3.15	3.19	
08. HUMEDAD %	39.20	41.41	43.58		23.81	23.20	
L.L.=	41.00 %	L.P.=	23.50 %		I.P.=	17.50 %	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 125536
PLANTA ASFALTO PARA SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO

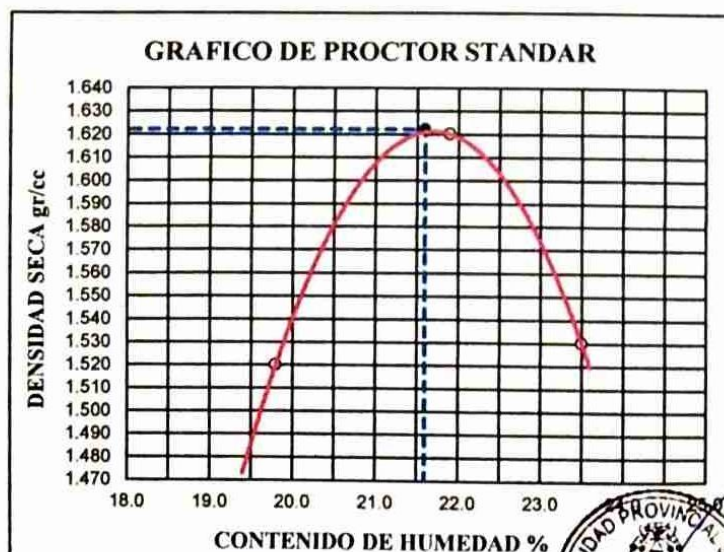
ENSAYO :

PROCTOR STANDAR

**ASTM
D-698**

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
CALICATA	C - 06	ESTRATO	E - 04
ESTADO MUEST	Muestra Alterada	PROGRESIV	km 00+985
PROFUNDIDAD	1.85 m	COORDENAI	X: 379731.98 m.
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		Y: 8286821.73 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	29/11/2018

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,845	5,993	5,912		
PESO MOLDE	4,152	4,152	4,152		
PESO SUELO COMPACTADO	1,693	1,841	1,760		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.98	1.89		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	333.00	339.00	378.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	278.00	278.00	306.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	55.00	61.00	72.00		
PESO DE SUELO SECO	278.00	278.00	306.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	19.80	21.90	23.50		
DENSIDAD SECA	1.52	1.62	1.53		



Max. densidad seca
1.622 gr/cm³

Conten. humedad óptima
21.60 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Yuni Acero
CIP 105,566

PLANTA ASFALTO PLAS - SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO :

RELACIÓN DE SOPORTE DE
CALIFORNIA (CBR)

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	:	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca			
UBICACIÓN	:	Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno.			
CALICATA	:	C - 06	ESTRATO	:	E - 04
ESTADO MUE	:	Muestra Alterada	PROGRESIVA	:	km 00+985
PROFUNDIDA	:	1.85 m	COORDENADAS	:	X 379731 98 m.
RESPONSABL	:	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	:	Y 8286821 73 m.	
	:	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	:	28/11/2018

Molde N°		1		2		3	
Capa N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11212		11191		11091	
Peso del molde	gr	7120		7216		7238	
Peso del suelo húmedo	gr	4092		3975		3853	
Volúmen del molde	cc.	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda	gr /cc	1.97		1.91		1.85	
Humedad	%	21.60		21.60		21.70	
Densidad seca	gr /cc	1.62		1.57		1.52	
Tarro N°		1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	411		338		365	
Tarro suelo seco	gr	338		278		300	
Agua	gr	73		60		65	
Peso del Tarro	gr	0		0		0	
Peso del suelo seco	gr	338		278		300	
Humedad	%	21.6		21.6		21.7	
Promedio de la humedad	%						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
28-nov.-18	11:30 00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-nov.-18	11:30 00 a.m.	24	8	0.08	0.063	10	0.1	0.079	15	0.15	0.119
30-nov.-18	11:30 00 a.m.	48	12	0.12	0.095	17	0.17	0.134	24	0.24	0.190
1-dic.-18	11:30 00 a.m.	72	16	0.16	0.0632	24	0.24	0.1106	30	0.3	0.1185

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	7	104	35	5	84	28	3	64	21
1.30	1.900	0.075	13	164	55	10	134	45	6	94	31
2.00	2.500	0.100	24	275	92	16	194	65	9	124	41
3.00	3.800	0.150	28	315	105	21	245	82	13	164	55
4.00	5.000	0.200	31	345	115	26	295	98	19	225	75
5.00	6.000	0.250	42	455	152	38	415	138	23	265	88
6.00	7.500	0.300	54	576	192	49	525	175	29	325	108
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
 CIP 16
 PLANTA ASFA/TE/PAV. Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

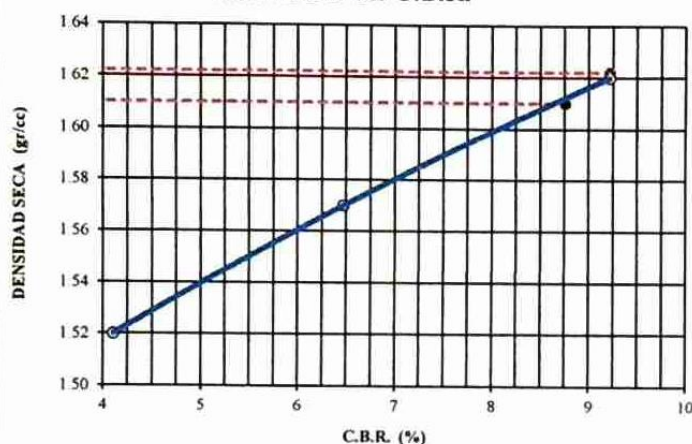
ENSAYO :

GRÁFICO DE CBR

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca provincia de San Roman departamento de Puno		
CALICATA	C - 06	ESTRATO	E - 04
ESTADO MUE	Muestra Alterada	PROGRESIVA	km 00+985
PROFUNDIDA	1.85 m	COORDENAD	X: 379731.98 m.
RESPONSABL	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	Y:	8286821.73 m.
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	01/12/2018

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.0.1" AL 100% = 9.22%
C.B.R.0.1" AL 95% MDS = 8.76%

LEYENDA

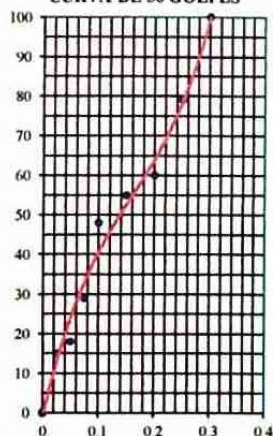
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 9.2%

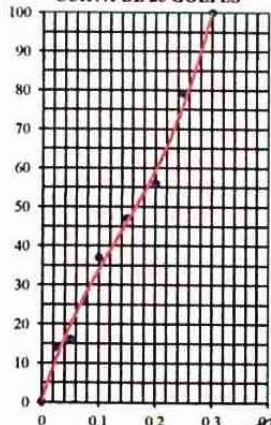
C.B.R. 0.1"= 6.5%

C.B.R. 0.1"= 4.1%

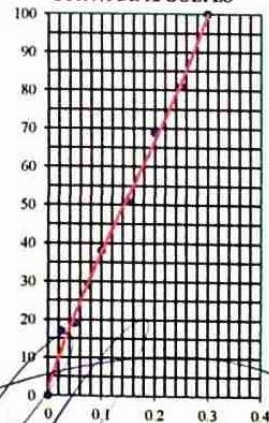
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES

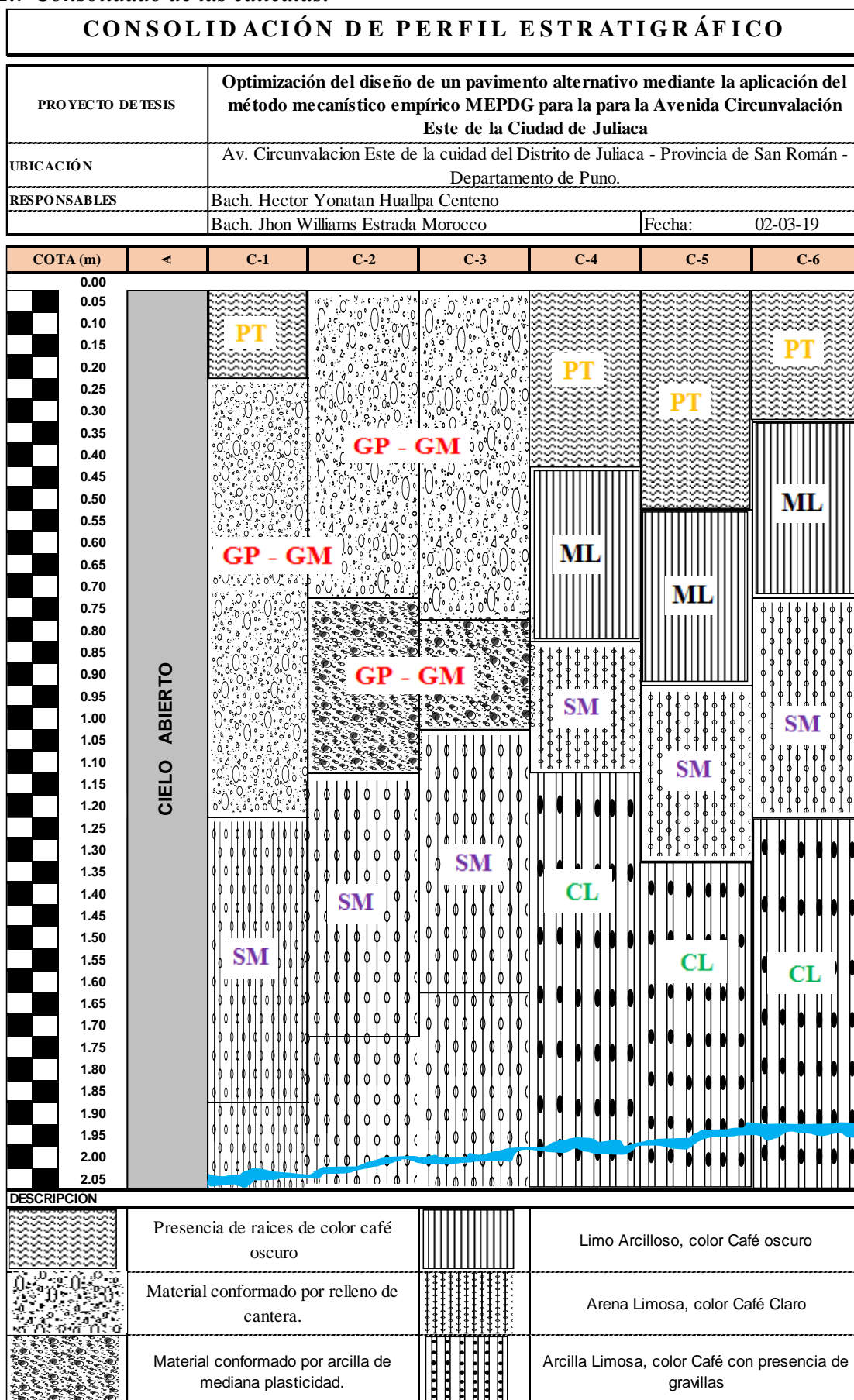


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Richard Yonatan Huallpa Centeno

CIP 1440 JULIACA Y PAVIMENTOS

E. 1.7 Consolidado de las calicatas.

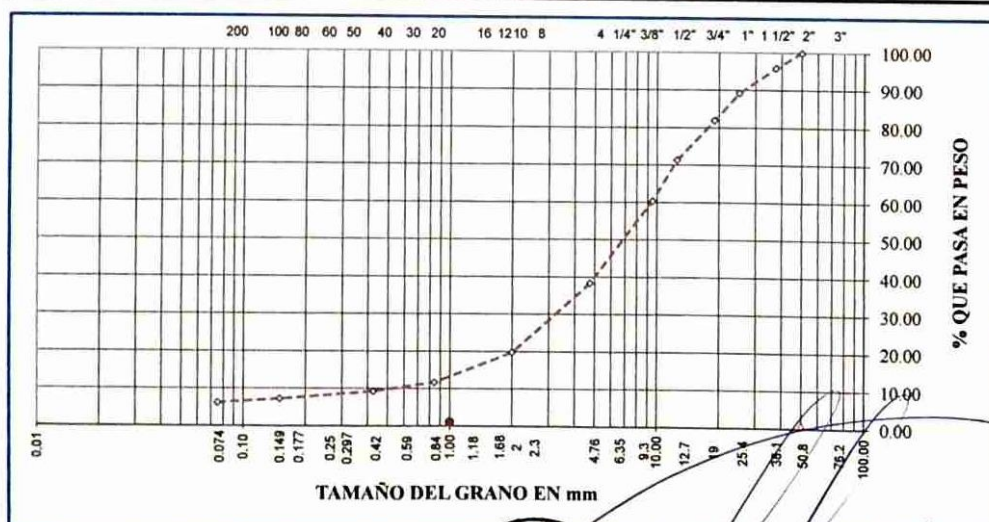


E. 1.8 Cantera Taparachi.

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA	
	GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		
ENSAYO :	ANALISIS GRANULOMÉTRICO	ASTM D-422
PROYECTO DE TESIS :	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca	
UBICACIÓN :	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departam	
CANTERA :	TAPARACHI	MUESTRA : Relleno (Terraplén)
RESPONSABLES :	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	COORDENADAS X: 378,273.25 m
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	Y: 8,283,679.32 m
	FECHA :	05/12/2018

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 5859 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : 965 Grs
2"	50.000				100.00	Grava : 61.70 %
1 1/2"	37.500	240.00	4.10	4.10	95.90	Arena : 32.14 %
1"	25.000	392.00	6.69	10.79	89.21	Fino : 6.16 %
3/4"	19.000	433.00	7.39	18.18	81.82	W natural : 6.24 %
1/2"	12.500	622.00	10.62	28.80	71.20	
3/8"	9.500	640.00	10.92	39.72	60.28	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	1,288.00	21.98	61.70	38.30	L.L. : 39.83 %
Pasa N° 4	4.750	2,244.00			38.30	L.P. : 17.57 %
No.10	2.000	469.00	18.61	80.31	19.69	I.P. : 22.25 %
No.20	0.840	203.00	8.06	88.37	11.63	
No.40	0.425	61.00	2.42	90.79	9.21	
No.100	0.150	52.00	2.06	92.85	7.15	CLASIFICACION
No.200	0.075	25.00	0.99	93.84	6.16	SUCS : GP-GC
<No.200		155.00	6.15	100.0		AASHTO : A-2-6(0)
		6,824.00	100.00			

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

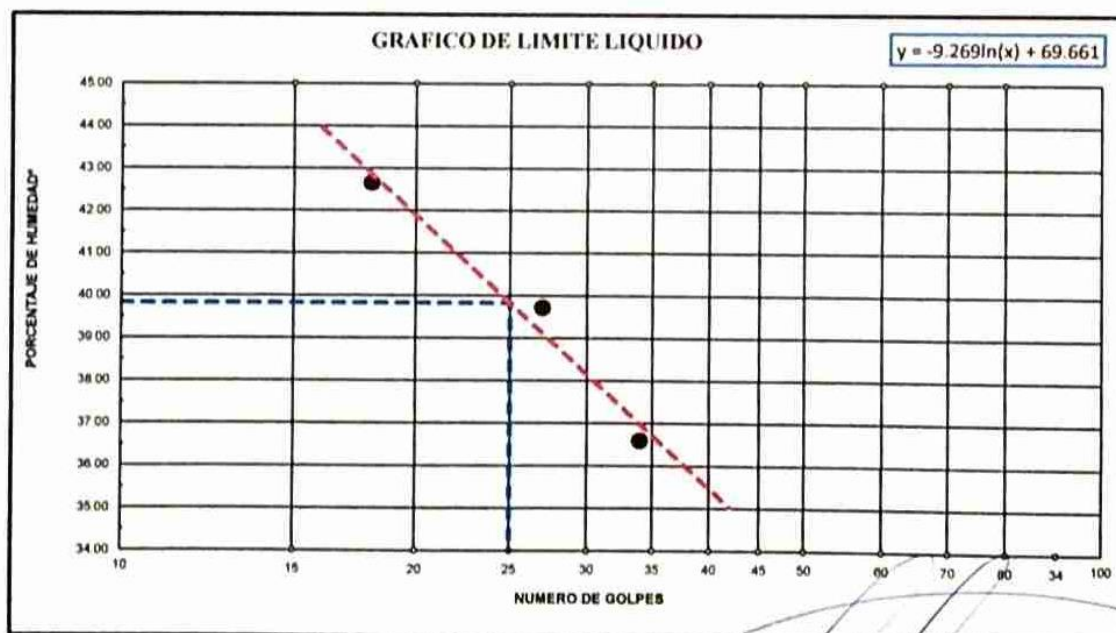
ENSAYO

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM
D-424

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca				
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.				
CANTERA	TAPARACHI	MUESTRA	Relleno (Terraplén)		
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	COORDENADAS	X:	378,273.25 m	
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		Y:	8,283,679.32 m	
		FECHA	:	06/12/2018	

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01. No. DE GOLPES	34	27	18	23	21
02. TARRO No.	9	2	3		
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g 24.26	24.56	25.93	19.74	18.74
04. SUELO SECO * TARRO	g 20.74	20.66	21.49	18.86	18.06
05. PESO DEL AGUA	g 3.52	3.90	4.44	0.88	0.68
06. PESO DEL TARRO	g 11.12	10.84	11.08	14.00	14.07
07. PESO DEL SUELO SECO	g 9.62	9.82	10.41	4.86	3.99
08. HUMEDAD	% 36.59	39.71	42.65	18.11	17.04
L.L.=	39.83	%	L.P.=	17.57	%
			LP.=	22.25	



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 1172356
PLANTA ASFÁLTICA Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-
1557

PROYECTO DE
TESIS

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método
mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de
Juliaca

UBICACIÓN : Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno

CANTERA : TAPARACHI

MUESTRA : Relleno (Terraplén)

RESPONSABLES : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno

COORDENADAS X: 378,273.25 m

MUESTRA : Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

Y: 8,283,679.32 m

FECHA : 06/12/2018

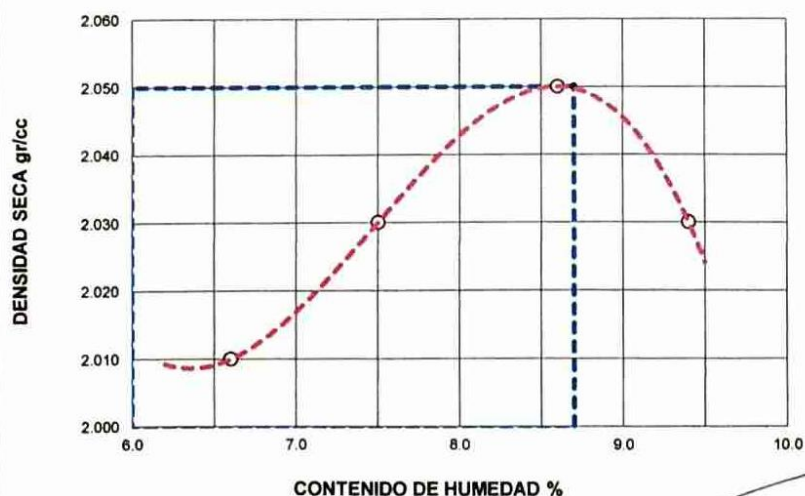
DETERMINACION DE DENSIDAD

ENSAYO N°	1	2	3	4
PESO MOLDE+SUELO	10,840	10,929	11,042	11,022
PESO MOLDE	6,340	6,340	6,340	6,340
PESO SUELO COMPACTADO	4,500	4,589	4,702	4,682
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105	2,105
DENSIDAD HUMEDA	2.14	2.18	2.23	2.22

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	235.60	144.93	251.20	160.10
SUELO SECO + RECIPIENTE	221.90	135.86	232.40	147.56
PESO RECIPIENTE	14.37	14.37	14.62	14.62
PESO DE AGUA	13.70	9.07	18.80	12.54
PESO DE SUELO SECO	207.53	121.49	217.78	132.94
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.60	7.50	8.60	9.40
DENSIDAD SECA	2.01	2.03	2.05	2.03

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca

2.05

Conten. humedad
óptima

8.70



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aron Acero
CIP 1098205
PIANTA ASFALTU Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

VALOR RELATIVO DE SOPORTE
(C.B.R.)

ASTM
D-1883

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
CANTERA	TAPARACHI	MUESTRA	Relleno (Terraplén)
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	COORDENADAS	X: 378,273.25 m Y: 8,283,679.32 m
MUESTRA	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA	: 05/12/2018

Molde N°	1	2	3
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr 11880	11870	11720
Peso del molde	gr 7143	7237	7268
Peso del suelo húmedo	gr 4737	4633	4452
Volumen del molde	cc 2126	2128	2114
Densidad Humeda	gr/cc 2.23	2.18	2.11
Humedad	% 8.70	8.80	8.60
Densidad seca	gr/cc 2.05	2.00	1.94
HUMEDADES			
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr 562.3	623.3	542.9
Tarro suelo seco	gr 517.2	573.1	500.1
Agua	gr 45.1	50.2	42.8
Peso del Tarro	gr 0	0	0
Peso del suelo seco	gr 517.2	573.1	500.1
Humedad	% 8.70	8.80	8.60
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

NO REGISTRA EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION			LECTURA DIAL	LECTURA Lb	PENSIONES Lb/plg2	LECTURA DIAL	LECTURA Lb	PENSIONES Lb/plg2	LECTURA DIAL	LECTURA Lb	PENSIONES Lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	12	154	51	15	184	61	12	154	51
1.00	1.300	0.50	57	606	202	37	405	135	31	345	115
1.30	1.900	0.075	88	917	306	78	816	272	68	716	239
2.00	2.500	0.100	139	1428	476	121	1248	416	108	1117	372
3.00	3.800	0.150	207	2110	703	172	1759	586	161	1649	550
4.00	5.000	0.200	276	2802	934	231	2351	784	201	2050	683
5.00	6.000	0.250	360	3645	1215	312	3164	1055	277	2812	937
6.00	7.500	0.300	436	4407	1469	412	4167	1389	341	3454	1151
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo Aron Acero
 CAP. 108836
 PLANTA ASFETO PARA SUELOS Y PAVIMENTOS



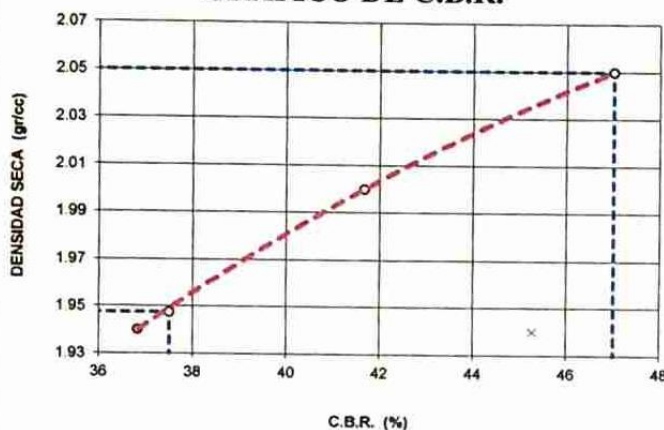
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

GRAFICO DE CBR

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
CANTERA	TAPARACHI	MUESTRA	Relleno (Terraplén)
RESPONSABLES	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno	COORDENADAS	X : 378,273.25 m
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco		Y : 8,283,679.32 m
		FECHA	: 08/12/2018

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

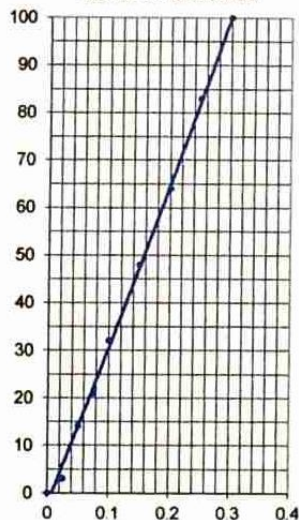
C.B.R. 01" AL 100% = 47.0%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 37.5%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"

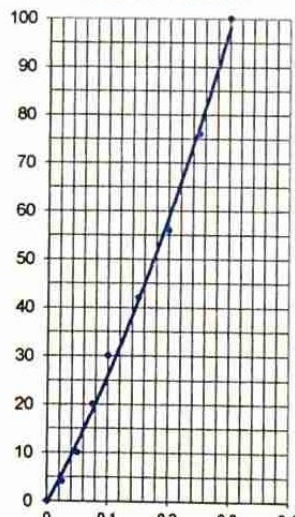
C.B.R. 0.1"= 47.01%

CURVA DE 56 GOLPES



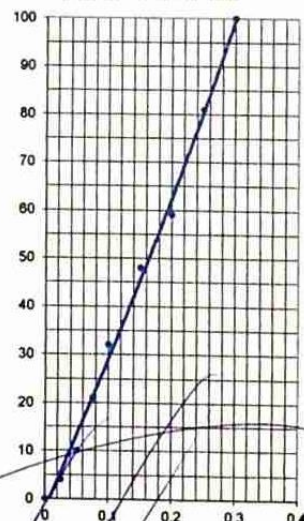
C.B.R. 0.1"= 41.67%

CURVA DE 25 GOLPES



C.B.R. 0.1"= 36.83%

CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

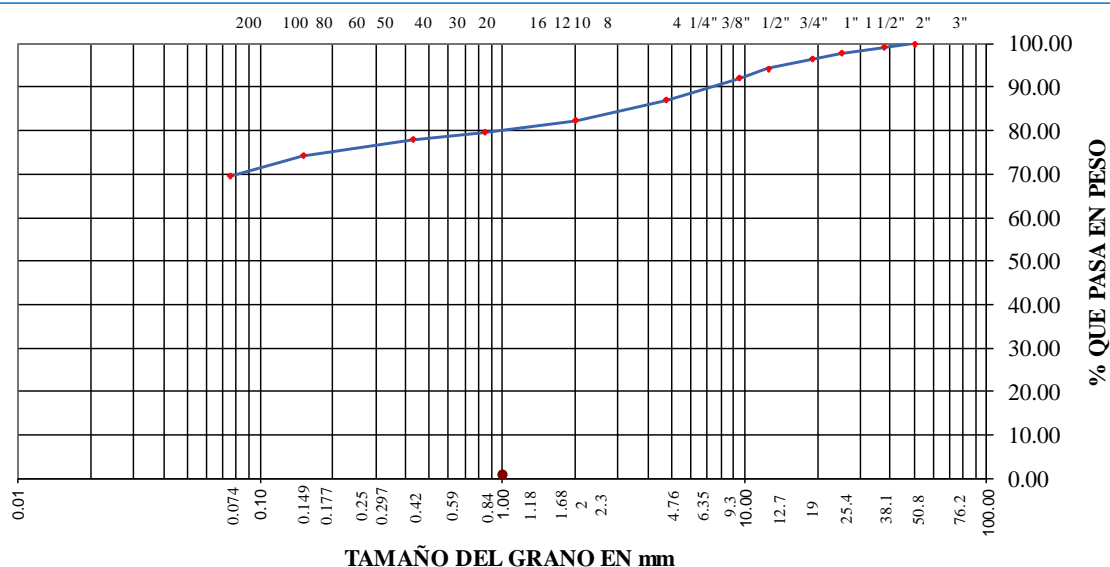
Ing. Ricardo Aroni Acero
CIP 123456
PLANTA ASFALTO Y LAB. SUELOS Y PAVIMENTOS

E. 1.9 Combinación de suelos (Calicata 5: 80% + Cantera Taparachi 20%).

ENSAYO	COMBINACIÓN DE MATERIAL - 02		
PROYECTO DE TESIS	: Optimizar el diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
MUESTRA	: Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)		
RESPONSABLES	: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		
	: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA :	08/12/2018

TAMICES		SUELO 1	SUELO 2	MEZCLA	MEZCLA DE MATERIAL	
Pulg.	m.m.	80	20		CANTERA TAPARACHI	MATERIAL PROVENIENTE DE SUB-RASANTE
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000	100.00	100.00	100.00		
1 1/2"	37.500	100.00	95.90	99.18		
1"	25.000	100.00	89.21	97.84		
3/4"	19.000	100.00	81.82	96.36		
1/2"	12.500	100.00	71.20	94.24		
3/8"	9.500	100.00	60.28	92.06	20%	80%
N° 04	4.750	99.10	38.30	86.94	CLASIFICACION	
N° 10	2.000	97.90	19.69	82.26		
N° 20	0.840	96.60	11.63	79.61	SUCS	
N° 40	0.425	95.10	9.21	77.92	AASHTO	
N° 100	0.150	91.00	7.15	74.23		
N° 200	0.075	85.30	6.16	69.47		
Pasa 200						

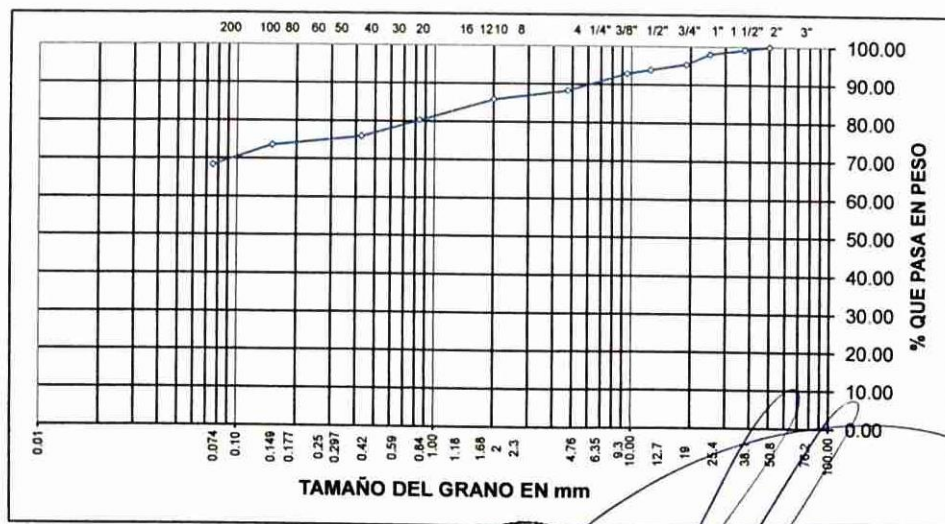
**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
	ENSAYO	ANALISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D-422		
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca	
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.	
MUESTRA	Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)	
RESPONSABLE	Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	
		FECHA : 09/12/2018

TAMICES ASTM	ABERTURA MM	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					Peso inicial : 5,640 Grs
2 1/2"	63.000					Peso fracción : Grs
2"	50.000				100.00	Grava : 11.77 %
1 1/2"	37.500	43.43	0.77	0.77	99.23	Arena : 19.98 %
1"	25.000	67.12	1.19	1.96	98.04	Fino : 68.25 %
3/4"	19.000	153.41	2.72	4.68	95.32	W natural : 6.24 %
1/2"	12.500	80.65	1.43	6.11	93.89	
3/8"	9.500	57.53	1.02	7.13	92.87	
LIMITES DE CONSISTENCIA						
No. 04	4.750	261.70	4.64	11.77	88.23	L.L. : 32.38 %
No. 10	2.000	135.92	2.41	14.18	85.82	L.P. : 16.59 %
No. 20	0.840	314.71	5.58	19.76	80.24	I.P. : 15.80 %
No. 40	0.425	243.08	4.31	24.07	75.93	
No. 100	0.150	133.67	2.37	26.44	73.56	
No. 200	0.075	299.48	5.31	31.75	68.25	CLASIFICACION
<No 200		3,849.30	68.25	100.0		SUCS : CL
		5,640.00				AASHTO : A-6

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Ricardo Aroni Acero
 CIP 10666
 PLANTA ASPHALTICA Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM
D-424

PROYECTO
DE TESIS

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca

UBICACIÓN

Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno

MUESTRA

Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)

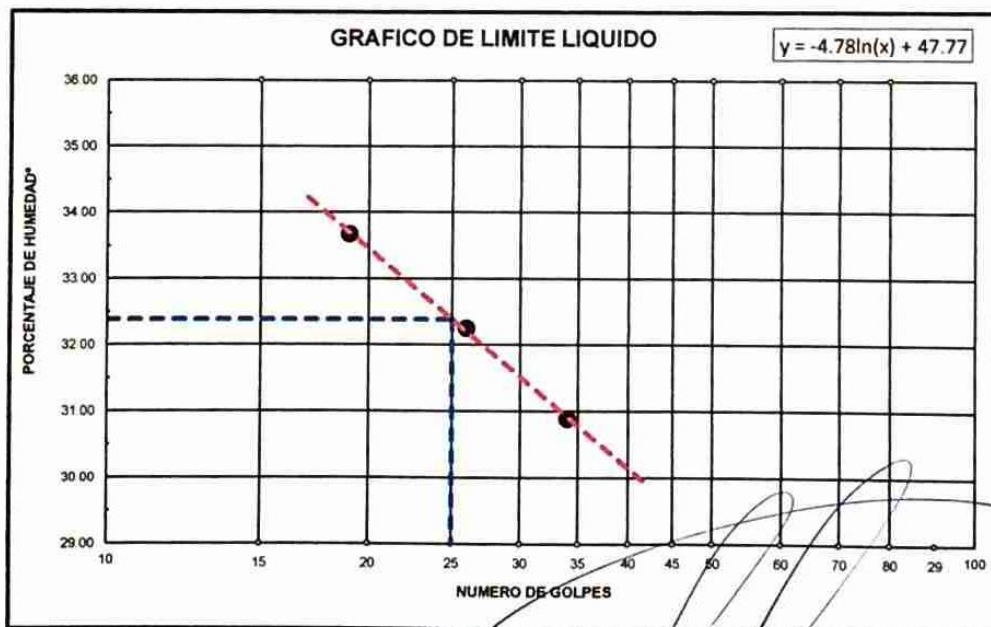
RESPONSABLE

Bach. Hector Yonatan Hualpa Centeno

Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

FECHA : 10/12/2018

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01. No. DE GOLPES	34	26	19	08	6
02. TARRO No.	2	10	12		
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.86	29.11	28.84	13.63	13.66
04. SUELO SECO * TARRO g	23.84	24.75	24.37	12.70	12.86
05. PESO DEL AGUA g	4.02	4.36	4.47	0.93	0.80
06. PESO DEL TARRO g	10.83	11.23	11.10	7.24	7.89
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.01	13.52	13.27	5.46	4.97
08. HUMEDAD %	30.88	32.25	33.67	17.00	16.18
L.L.=	32.38 %	L.P.=	16.59 %	I.P.=	15.80



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo

PLANTA ASFALTO

mi Acero

Y PAVIMENTOS



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

PROCTOR ESTANDAR

**ASTM
D-1557**

**PROYECTO DE
TESIS**

**Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método
mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de
Juliaca**

UBICACIÓN

: Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de P

MUESTRA

: Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)

RESPONSABLES

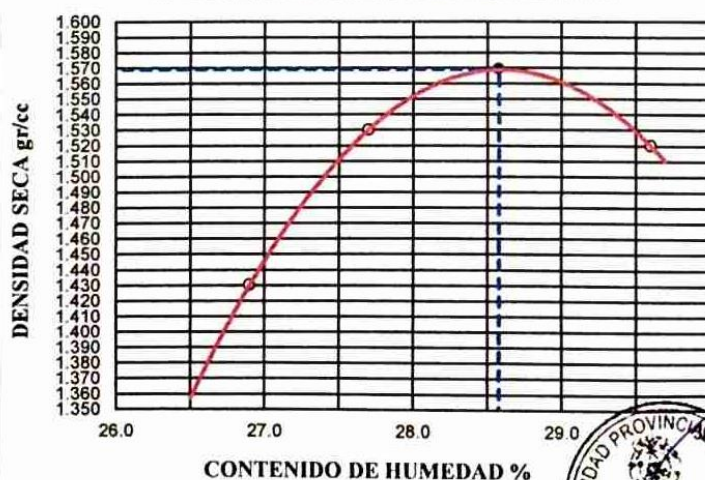
: Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno

: Bach. Jhon Williams Estrada Morocco

FECHA : 10/12/2018

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,847	5,976	5,992		
PESO MOLDE	4,159	4,159	4,159		
PESO SUELO COMPACTADO	1,688	1,817	1,833		
VOLUMEN DEL MOLDE	929.4	929.4	929.4		
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.96	1.97		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	234.00	265.00	268.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	184.41	207.44	206.86		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	49.59	57.56	61.14		
PESO DE SUELO SECO	184.41	207.44	206.86		
CONTENIDO DE HUMEDAD	26.90	27.70	29.60		
DENSIDAD SECA	1.43	1.53	1.52		

GRAFICO DE PROCTOR ESTANDAR



Max. densidad seca
1.569 gr/cm3


Conten. humedad óptima
28.58 %



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMÁN - JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Ing. Ricardo
CIF
PLANTA ASFALTO Y

mi Acero
PAVIMENTOS

	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
ENSAYO O	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)	ASTM D-1883
PROYECTO DE TESIS : Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN : Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
MUESTRA : Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)		
RESPONSABLE : Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		
		FECHA : 09/12/2018


Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr.	11245	11245	11136
Peso del molde gr.	7120	7216	7238
Peso del suelo húmedo gr.	4125	4029	3898
Volumen del molde cc.	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda gr/cc	1.99	1.94	1.88
Humedad %	27.10	31.20	32.90
Densidad seca gr/cc	1.57	1.48	1.41
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	408	446	436
Tarro suelo seco gr.	321	340	328
Agua gr.	87	106	108
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	321	340	328
Humedad %	27.1	31.2	32.9
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
9-dic-18	09:30:00 a.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-dic-18	09:30:00 a.m.	24	1	0.01	0.0079	3	0.03	0.0237	5	0.05	0.0395
11-dic-18	09:30:00 a.m.	48	2	0.02	0.0158	4	0.04	0.0316	6	0.06	0.0474
12-dic-18	09:30:00 a.m.	72	3	0.04	0.0324	5	0.06	0.0401	7	0.08	0.0499

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	25	285	95	20	235	78	16	194	65
1.00	1.300	0.50	28	315	105	23	265	88	19	225	75
1.30	1.900	0.075	31	345	115	27	305	102	22	255	85
2.00	2.500	0.100	41	445	148	33	365	122	27	305	102
3.00	3.800	0.150	61	646	215	53	566	189	47	505	168
4.00	5.000	0.200	73	766	255	66	696	232	58	616	205
5.00	6.000	0.250	84	877	292	76	796	265	70	736	245
6.00	7.500	0.300	104	1077	359	89	927	309	81	846	282
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SAN ROMAN JULIACA
 GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
 Ing. Rector
 C.A.
 PLANTA ASFALTO
 SUELOS Y PAVIMENTOS

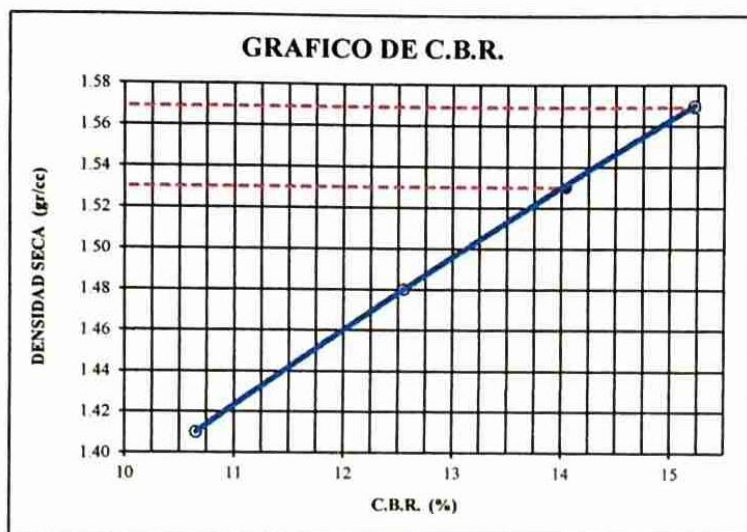


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO

GRAFICO DE CBR

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca		
UBICACIÓN	Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.		
MUESTRA	Terraplén (Mezcla de cantera 20% Taparachi + 80% material Sub-Rasante)		
RESPONSABLE	Bach. Hector Yonatan Huallpa Centeno		
	Bach. Jhon Williams Estrada Morocco	FECHA :	12/12/2018



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 14.72%

C.B.R.01" AL 95% MDS = 13.54%

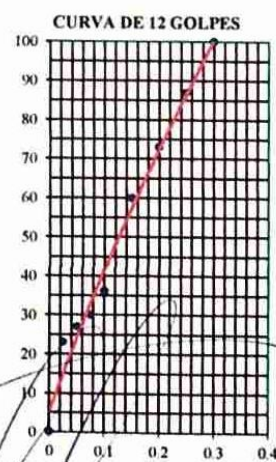
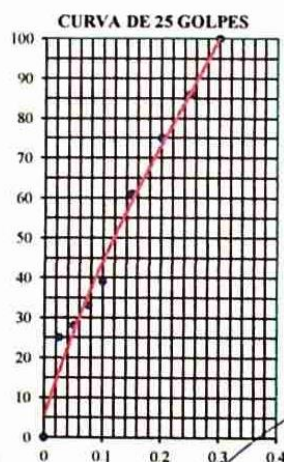
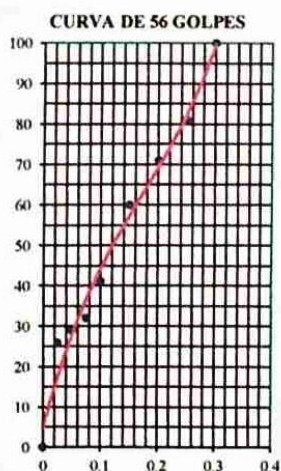
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 14.7%

C.B.R 0.1"= 12.1%

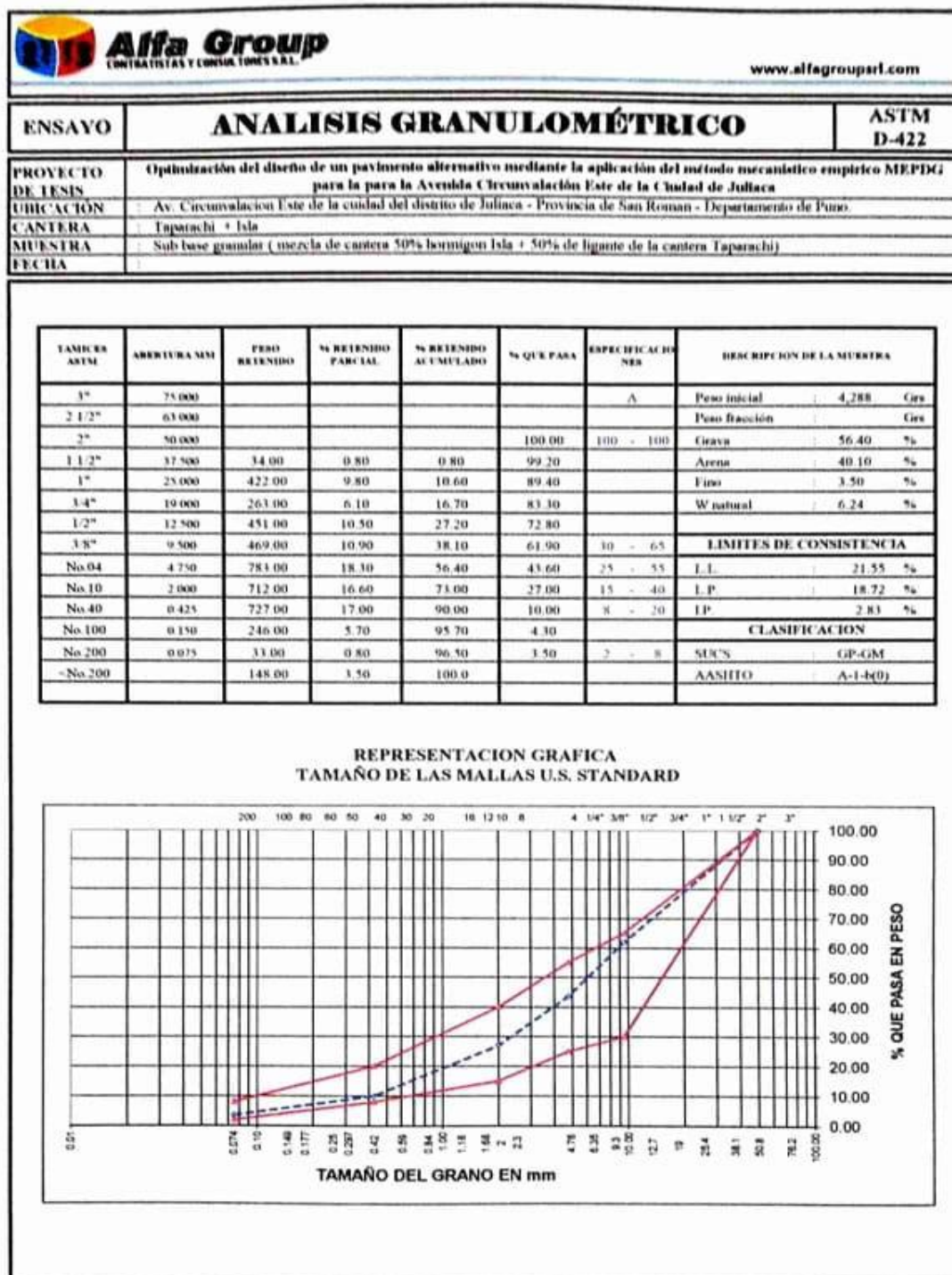
C.B.R 0.1"= 10.2%



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JULIACA
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Ing. R. [Signature]
PLANTA ASE
mi Acero
P. Y PAVIMENTOS

E. 2. Ensayos para subbase granular

E. 2.1 Combinación de canteras (Isla 50% + Taparachi 50%).




 Manuel A. Lopez
 INGENIERO



Alfa Group
CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.R.L.

www.alfagroupsrl.com

ENSAYO

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM
D-424

PROYECTO
DE TESIS

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método
mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de
Juliaca

UBICACIÓN

: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.

CANTERA

: Taparachi + Isla

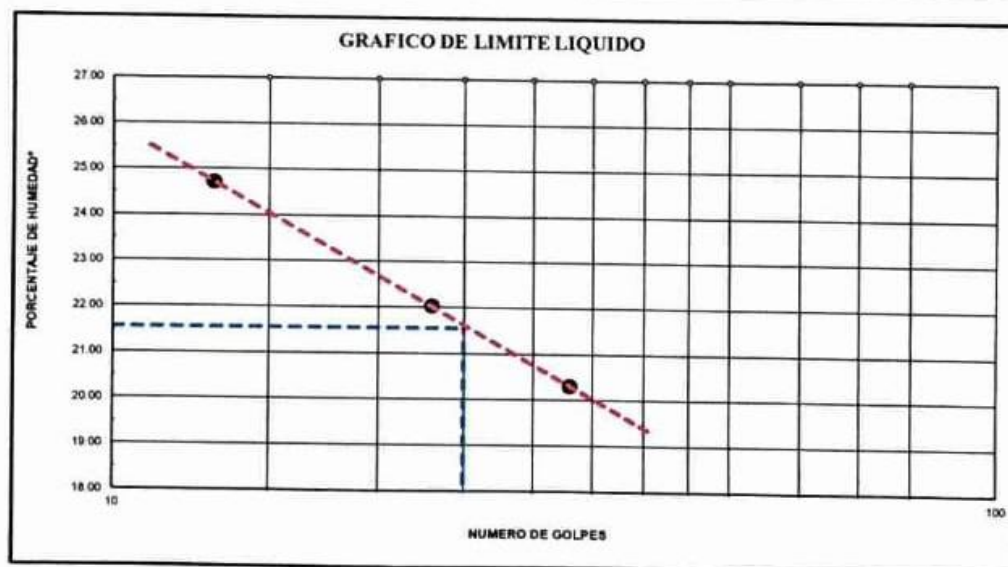
MUESTRA

: Sub base granular (mezcla de cantera 50% hormigon Isla + 50% de ligante de la cantera Taparachi)

FECHA

:

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
				4T	8T
01. No. DE GOLPES	33	23	13		
02. TARRO No.	5	3	2		
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	26.13	27.02	27.99	8.10
04. SUELO SECO * TARRO	g	24.11	24.67	25.39	7.49
05. PESO DEL AGUA	g	2.02	2.35	2.60	0.61
06. PESO DEL TARRO	g	14.16	14.00	14.87	4.26
07. PESO DEL SUELO SECO	g	9.95	10.67	10.52	3.23
08. HUMEDAD	%	20.30	22.02	24.71	18.89
L.L.=	21.55	%	L.P.=	18.72	%
				I.P.=	2.83



Manuel A. Loayza
 INGENIERO CI



Alfa Group
CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.R.L.

www.alfagroupsrl.com

ENSAYO	PROCTOR MODIFICADO	ASTM D-1557
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca	
UBICACIÓN	: Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.	
CANTERA	: Taparachi + Isla	
MUESTRA	: Sub base granular (mezcla de cantera 50% hornigón Isla + 50% de ligante de la cantera Taparachi)	
FECHA	:	

DETERMINACION DE DENSIDAD				
ENSAYO N°	1	2	3	4
PESO MOLDE+SUELO	10,445	10,736	10,612	
PESO MOLDE	5,958	5,958	5,958	
PESO SUELO COMPACTADO	4,487	4,778	4,654	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,050	2,050	2,050	
DENSIDAD HUMEDA	2.19	2.33	2.27	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	1	2	3	4
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	444.00	401.00	412.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	413.00	368.00	374.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	31.00	33.00	38.00	
PESO DE SUELO SECO	413.00	368.00	374.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.50	9.00	10.20	
DENSIDAD SECA	2.04	2.14	2.06	



Max. densidad
seca
2.14

Conten. humedad
óptima
8.90

Manuel A. Coariza
Manuel A. Coariza
Ingeniero Civil



Alfa Group
CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.A.S.

www.alfagroupsrl.com

ENSAYO	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)	ASTM D-1883
--------	---	----------------

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno
CANtera	: Taparachi + Isla
MUESTRA	: Sub base granular (mezcla de cantera 50% hormigon Isla + 50% de ligante de la cantera Taparachi)
FECHA	:

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo gr.	11992		11955		11885	
Peso del molde gr.	7143		7237		7268	
Peso del suelo húmedo gr.	4849		4718		4617	
Volumen del molde cc.	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda gr./cc	2.33		2.27		2.22	
Humedad %	8.90		8.70		8.90	
Densidad seca gr./cc	2.14		2.09		2.04	
HUMEDADES						
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo gr.	392		425		415	
Tarro suelo seco gr.	360		391		381	
Agua gr.	32		34		34	
Peso del Tarro gr.	0		0		0	
Peso del suelo seco gr.	360		391		381	
Humedad %	8.9		8.7		8.9	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

NO REGISTRA EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION			LECTUR A DIAL	LECTUR A Lb	PENSIONES Lb/plg2	LECTUR A DIAL	LECTUR A Lb	PENSIONES Lb/plg2	LECTUR A DIAL	LECTUR A Lb	PENSIONES Lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	65	688	229	51	552	184	42	465	155
1.00	1.300	0.50	115	1171	390	89	920	307	62	659	220
1.30	1.900	0.075	150	1509	503	132	1335	445	122	1238	413
2.00	2.500	0.100	198	1973	658	181	1809	603	157	1577	526
3.00	3.800	0.150	328	3229	1076	298	2939	980	230	2282	761
4.00	5.000	0.200	432	4234	1411	387	3799	1266	340	3345	1115
5.00	6.000	0.250	463	4534	1511	447	4379	1460	412	4041	1347
6.00	7.500	0.300	546	5336	1779	532	5200	1733	450	4406	1469
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Manuel Loaiza
INGENIERO CIVIL
RUT: 1776

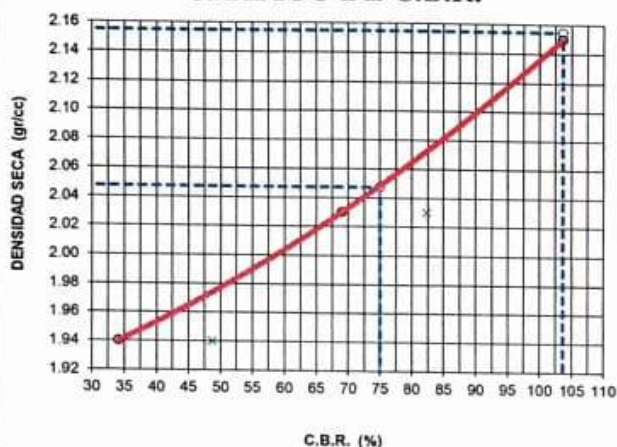


ENSAYO

GRAFICO DE CBR

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CANTERA	: Taparachi + Isla (para Base granular)
MUESTRA	: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)
FECHA	:

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 104%
C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 75%

LEYENDA

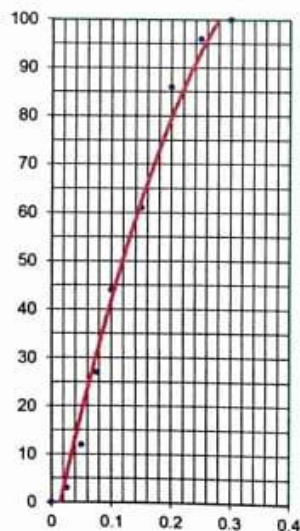
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 103.6%

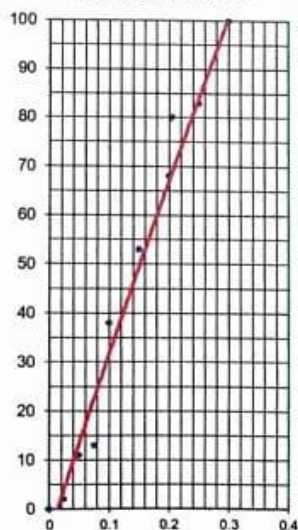
C.B.R. 0.1" = 69.0%

C.B.R. 0.1" = 34.1%

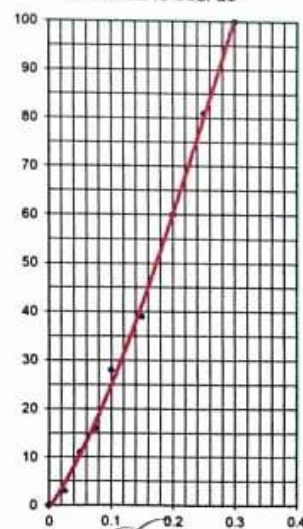
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES




CURVA DE 12 GOLPES



[Signature]
Nathaniel A. Loayza
INGENIERO CIVIL

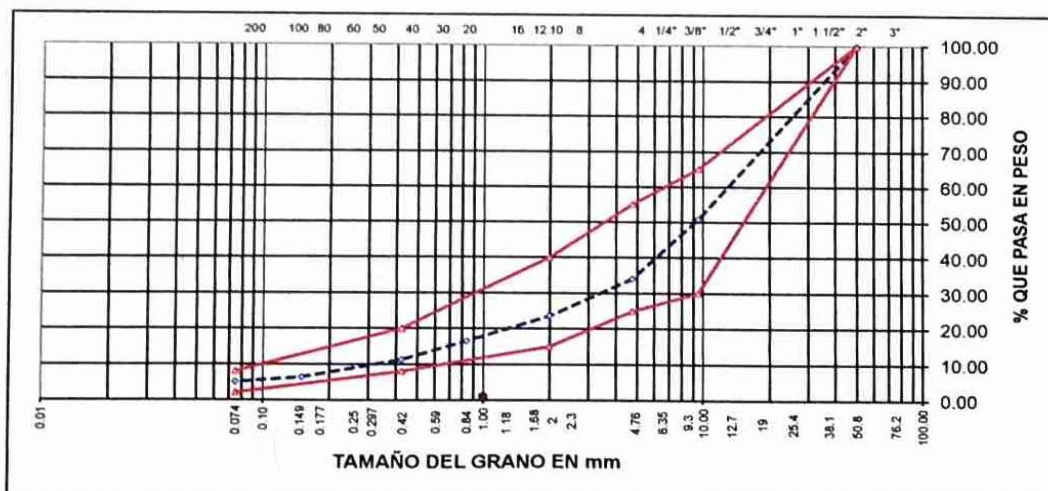
E. 3: Ensayos para base granular

E. 3.1 Combinación de canteras (Isla 60% + Taparachi 40%).

 Alfa Group CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.R.L.		www.alfagroupsl.com
ENSAYO	ANALISIS GRANULOMÉTRICO	ASTM D-422
PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca	
UBICACION	Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.	
CANTERA	1 Taparachi + Isla (para Base granular)	
MUESTRA	1 (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigon Isla)	
FECHA	1	

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					A	Peso inicial : 4000 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 935 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 65.90 %
1 1/2"	37.500	265.00	6.60	6.60	93.40		Arena : 29.07 %
1"	25.000	524.00	13.10	19.70	80.30		Fino : 5.03 %
3/4"	19.000	309.00	7.70	27.40	72.60		W natural : 5.60 %
1/2"	12.500	516.00	12.90	40.30	59.70		
3/8"	9.500	354.00	8.90	49.20	50.80	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	668.00	16.70	65.90	34.10	25 - 55	L.L. : 22.24 %
No.10	2.000	289.00	10.54	76.44	23.56	15 - 40	L.P. : 21.53 %
No.20	0.840	193.00	7.04	83.48	16.52		I.P. : 0.72 %
No.40	0.425	142.00	5.18	88.66	11.34	8.00 - 20	
No.100	0.150	136.00	4.96	93.62	6.38		CLASIFICACION
No.200	0.075	37.00	1.35	94.97	5.03	2.00 - 8.00	SUCS : GP - GM
<No.200		138.00	5.03	100.0			AASHTO : A-1-a(0)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



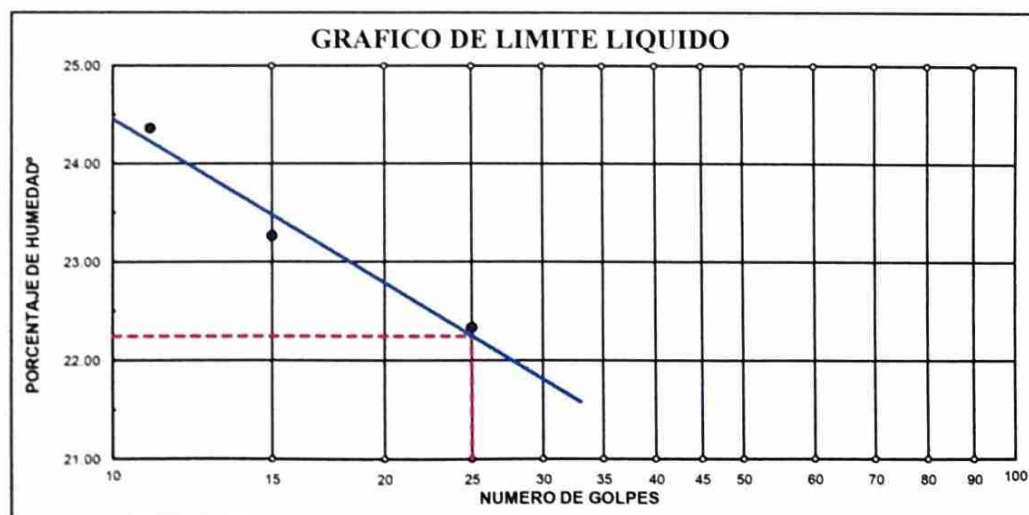
Manuel A. Godoy
INGENIERO CIVIL
R.O. 17505



ENSAYO	LIMITES DE CONSISTENCIA	ASTM D-424
--------	--------------------------------	---------------

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CANTERA	: Taparachi + Isla (para Base granular)
MUESTRA	: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)
FECHA	:

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
01. No.DE GOLPES	25	15	11			
02. TARRO No.	6	9	11		12T	8T
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.38	27.44	26.74		9.44	9.34
04. SUELO SECO * TARRO g	24.41	24.36	23.69		8.51	8.44
05. PESO DEL AGUA g	2.97	3.08	3.05		0.93	0.90
06. PESO DEL TARRO g	11.11	11.12	11.17		4.23	4.22
07. PESO DEL SUELO SECO g	13.30	13.24	12.52		4.28	4.22
08. HUMEDAD %	22.33	23.26	24.36		21.73	21.33
L.L.= 22.24 % L.P.= 21.53 I.P.= 0.72						





Alfa Group
CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.R.L.

www.alfagroupsrl.com

ENSAYO

PROCTOR MODIFICADO

ASTM
D-1557

PROYECTO
DE TESIS

Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método
mecánico empírico MEPDG para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad
de Juliaca

UBICACION

: Av. Circunvalación Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.

CANTERA

: Taparachi + Isla (para Base granular)

MUESTRA

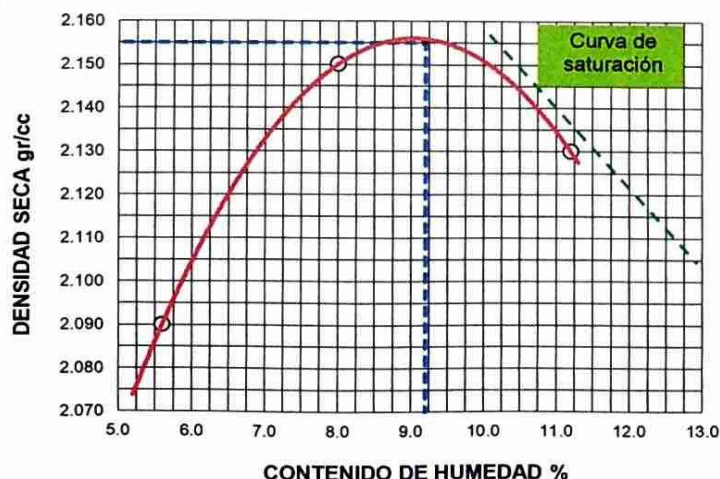
: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)

FECHA

:

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,673	10,916	11,021		
PESO MOLDE	6,028	6,028	6,028		
PESO SUELO COMPACTADO	4,645	4,888	4,993		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,105	2,105	2,105		
DENSIDAD HUMEDA	2.21	2.32	2.37		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	851.00	770.00	784.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	806.00	713.00	705.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	45.00	57.00	79.00		
PESO DE SUELO SECO	806.00	713.00	705.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.60	8.00	11.20		
DENSIDAD SECA	2.09	2.15	2.13		

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca
2.16 gr/cm3

Conten. humedad óptima
9.20 %

[Handwritten signature]



Alfa Group
CONTRATISTAS Y CONSULTORES S.R.L.

www.alfagroupsrl.com

ENSAYO	VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)	ASTM D 1883
--------	---	----------------

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CANTERA	: Taparachi + Isla (para Base granular)
MUESTRA	: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)
FECHA	:

Molde N°	7	8	9
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr.	11436	11123	10968
Peso del molde gr.	6662	6640	6651
Peso del suelo húmedo gr.	4774	4483	4317
Volumen del molde cc.	2032	2032	2032
Densidad Humeda gr./cc	2.35	2.21	2.12
Humedad %	9.20	9.00	9.30
Densidad seca gr./cc	2.150	2.03	1.94
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	757	863	731
Tarro suelo seco gr.	693	792	669
Agua gr.	64	71	62
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	693	792	669
Humedad %	9.2	9.0	9.3
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	18	233	78	7	127	42	6	118	39
1.00	1.300	0.50	78	813	271	53	572	191	35	398	133
1.30	1.900	0.075	189	1886	629	68	717	239	56	601	200
2.00	2.500	0.100	315	3103	1034	209	2079	693	98	1007	336
3.00	3.800	0.150	437	4282	1427	290	2862	954	141	1422	474
4.00	5.000	0.200	621	6060	2020	377	3703	1234	221	2195	732
5.00	6.000	0.250	695	6776	2259	460	4505	1502	301	2968	989
6.00	7.500	0.300	725	7065	2355	558	5452	1817	372	3654	1218
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Manuel A. Lozano
INGENIERO CIVIL
R.D. CIP 12345

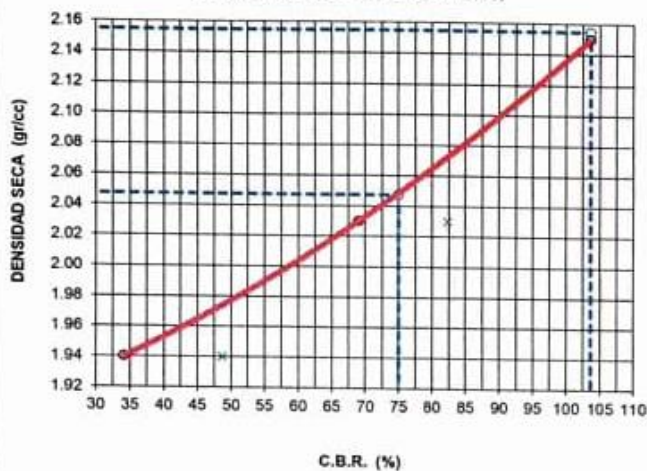


ENSAYO

GRAFICO DE CBR

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CANTERA	: Taparachi + Isla (para Base granular)
MUESTRA	: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)
FECHA	:

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 104%
C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 75%

LEYENDA

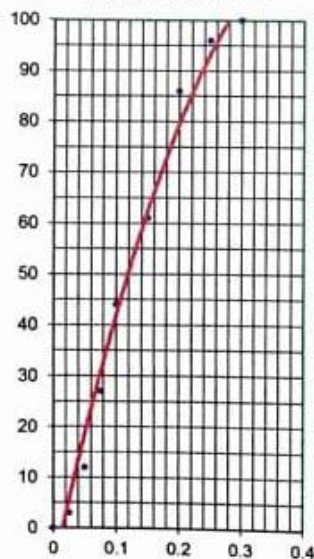
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 103.6%

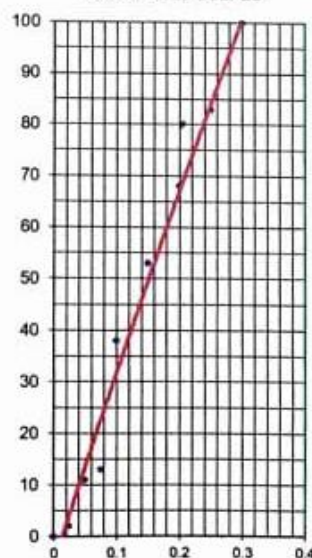
C.B.R. 0.1" = 69.0%

C.B.R. 0.1" = 34.1%

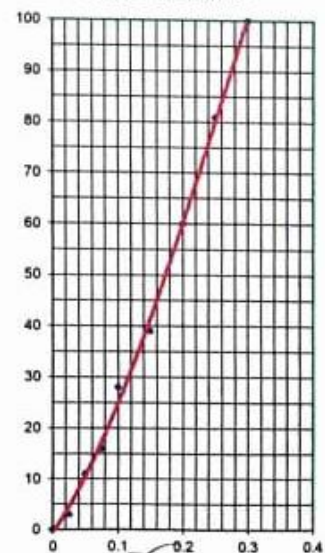
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



[Signature]
Maribel A. Loayza
INGENIERO CIVIL

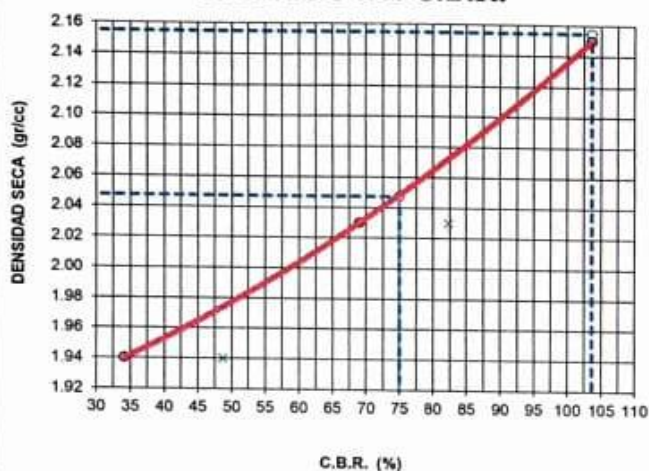


ENSAYO

GRAFICO DE CBR

PROYECTO DE TESIS	Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la para la Avenida Circunvalación Este de la Ciudad de Juliaca
UBICACIÓN	: Av. Circunvalacion Este de la ciudad del distrito de Juliaca - Provincia de San Roman - Departamento de Puno.
CANTERA	: Taparachi + Isla (para Base granular)
MUESTRA	: (mezcla de cantera 40 % ligante Taparachi + 60 % Hormigón Isla)
FECHA	:

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 104%
C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 75%

LEYENDA

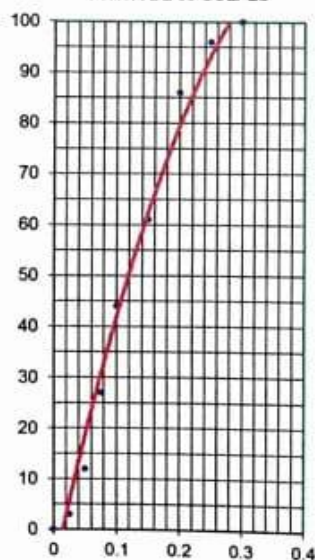
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 103.6%

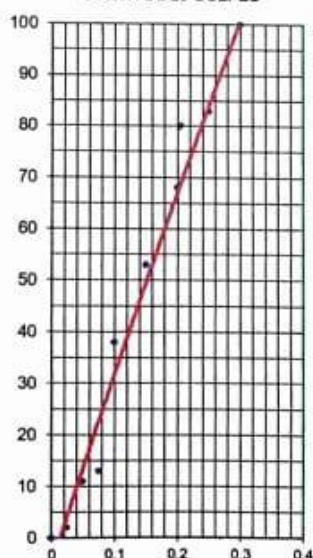
C.B.R. 0.1" = 69.0%

C.B.R. 0.1" = 34.1%

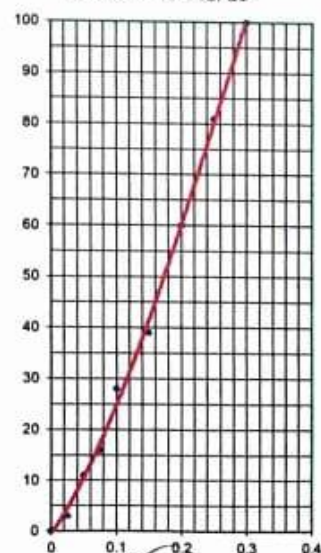
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



Manuel A. Loatzi
Ingeniero Civil

ANEXO F. Resumen de diseño de pavimento para 01+00km–AASHTO 93 y MEPDG.

